

tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 50 — nr. 2 — 1985

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en - verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

Lidmaatschap

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbarellidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt fl.60.-per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt f 60,--. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

DE EXAMENS

De door het Genootschap ingestelde examens worden afgenomen in samenwerking met de "Vereniging tot bevordering van Elektrotechnisch Vakonderwijs in Nederland (V.E.V.)". Het betreft de examens:

a. op lager technisch niveau: "Elektronica monteur N.E.R.G.";
b. op middelbaar technisch niveau: "Middelbaar Elektronica technicus N.E.R.G.".

Voor deelname, inlichtingen omtrent exameneisen, reglement, en uitgewerkte opgaven wende men zich tot het Centraal Bureau van de V.E.V., Barneveldseweg 39, 3862 PB Nijkerk; tel. 03494 - 4844.

SENSOREN IN DE ROBOTICA

Dr.ir.P.P.L.Regtien
Technische Hogeschool Delft, Afdeling der Elektrotechniek
Vakgroep Elektronische Instrumentatie

Sensors in Robotics. This article deals with the state of the art in robot sensors. After a brief discussion on the required types of sensors and their specifications, an impression is given of commercially available, industrial sensors that are suitable for robot applications. At the end, recent developments in the area of robot sensors are elucidated.

I. INLEIDING

Doel van dit artikel is een indruk te geven van de stand van zaken met betrekking tot robotsensoren. Begonnen wordt met een overzicht van aan sensoren te stellen specifikaties. De daarop volgende paragraaf geeft een indruk van kommercieel verkrijgbare industriële sensoren welke zonder veel aanpassingen en inspanningen kunnen worden ingezet bij robots. Tenslotte worden enige recente ontwikkelingen van typische robotsensoren belicht, met name akoestische en taktiele beeldvormende sensoren.

II. SENSOR SPECIFIKATIES

De toepassing bepaalt de eisen, ook bij robotsensoren. Teneinde sensorspecifikaties op te kunnen stellen, dient allereerst vastgesteld te worden wat met robots wordt beoogd. Bezien we de huidige situatie, dan valt op dat slechts een zeer gering percentage robottypen voor industriële toepassingen een besturingsprogramma hebben dat kan inspelen op sensorinformatie. Hiervoor zijn verschillende oorzaken te geven.

1. De eerste vloeit voort uit de taakstelling van de robot. Deze taakstelling staat nog vaak dichter bij niet-flexibele dan bij flexibele toepassingen: lassen (punt-, boog-), lijmen, (waterstraal) snijden; laden, lossen; verfspuiten, enz. [1]. Het door de robot te bewerken voorwerp is er meestal één uit een betrekkelijk grote serie van gelijke werkstukken. Een voorbeeld van dit eenzijdige gebruik is Chrysler Corporation te Michigan, waar zo'n 400 robots staan, waarvan ca. 95% uitsluitend voor puntlassen [2].

Bij al dit soort toepassingen is sensorinformatie niet strikt noodzakelijk, mits aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan, zoals een starre mechanische robotkonstruktie en een nauwkeurige aanvoer en positionering van de werkstukken.

Doorgaans bezit de robot wel "interne" sensoren, om bijvoorbeeld de eigen stand of positie te kunnen vaststellen, of sensoren voor het detekteren van alarmsituaties.

2. Bestaande robotsystemen zijn moeilijk of in het geheel niet uitbreidbaar met sensoren. De besturing (zowel hardware als software) is niet flexibel genoeg: er is geen of te weinig vrije geheugenruimte meer beschikbaar voor het opslaan van sensor data, laat staan voor adekwate informatieverwerkende programma's. Mocht dit toch wel lukken, dan blijkt vaak het tijdsaspekt een belemmerende faktor: de meeste robotprogramma's zijn tijdkritisch; ondanks de zeer snelle verwerkingsmogelijkheid van binair gecodeerde informatie, in relatie tot de bewegingssnelheden van de robot, komt het besturingssysteem tijd te kort. Met name baanberekeningen en koördinatentransformaties vergen zeer veel processortijd.

Het kunnen inspelen op (externe) sensorinformatie vereist eigenlijk een geheel ander systeemconcept.

3. Niet elke sensor is geschikt. In sommige toepassingen is een korte afstand tussen sensor en actuator (grijper, lasstaaf, verfspuitmond) gewenst, teneinde zo nauwkeurig mogelijk "ter plekke" te meten. Het behoeft geen betoog dat zeer hoge temperaturen, rondvliegende verfspatten e.d. het aantal mogelijkheden voor gekombineerde of zelfs geïntegreerde sensoren-actuatoren sterk beperken.

Aan de andere kant bestaat er soms een zeer grote afstand tussen sensor en besturingssysteem. Dit kan aanleiding geven tot storingen, vooral via de bekabeling, die bovendien door het robotsysteem voert. Om de storingsgevoeligheid te reduceren, zal ter plaatse van de sensor reeds signaalkonditionering (bijv. AD-omzetting) moeten worden gepleegd.

Nog een ander aspekt is de steeds wisselende stand van de robot, en dus van de sensoren. Met name gewichts- en krachtsensoren kunnen door het bewegen van de robot reeds aanspreken, ook al is dat niet de bedoeling.

Voornoemde, en mogelijk nog andere faktoren veroorzaken een tot op heden vrij trage opmars van sensoren in de robotica. Dit feit staat lijnrecht tegenover de toenemende behoefte aan sensoren. Ook voor deze groeiende behoefte blijkt een aantal faktoren aan te wijzen.

Eén daarvan is het streven naar flexibele fabrikage

en automatische montage: één robot moet in staat zijn zelfstandig diverse bewerkingen op een diversiteit van werkstukken uit te voeren, die bovendien in willekeurige volgorde en positie worden aangevoerd.

Daarnaast bestaat er een tendens de robot meer en meer in te zetten voor taken die wij als mensonwaardig of onmenselijk bestempelen: eentonig, zwaar, vuil of gevaarlijk werk. Merkwaardig genoeg moet de robot daarvoor steeds "menselijker" worden: hij wordt voorzien van armen, gewrichten, zintuigen, en zelfs (kunstmatige) intelligentie. Krantenkoppen doen zelfs vermoeden dat hele kategorieën beroepen dreigen uit te sterven doordat de taken door robots worden overgenomen: robot als onderwijzer, robot als barkeeper (weigert drankjes te serveren aan dronken personen), robot als cipier (roept: "halt, je bent ontdekt"), enz.

De, voor geavanceerde robots, onmisbare informatie betreft in hoofdzaak drie kategorieën, n.l. informatie over:

a. de toestand van de robot zelf (stand, toestand grijper, enz.);
b. de werkomgeving, de werkstukken (waar, hoe groot, obstakels);
c. de relatie tussen robot en omgeving (afstand werkstuk tot grijper, grijpkracht, enz.).

Voor het vaststellen van de gewenste soort en eigenschappen van sensoren zal een indeling worden gevolgd naar fysische grootheden.

1. Plaatsgrootheden

Hieronder vallen onder meer:
afstand (van robot tot voorwerp); positie (van voorwerpen)
hoekpositie (tussen twee robotdelen); "tilt"
afmetingen (van te manipuleren voorwerpen)
afgeleide grootheden (snelheid, versnelling)
meerdimensionale grootheden (vormen, patronen).
De keuze van de sensoren voor deze grootheden hangt sterk af van het bereik. Er zijn afstandssensoren voor grote afstand, en anderen welke slechts over een klein bereik werken.
Tabel 1 geeft een opdeling in deze drie gebieden, en de bijbehorende toleranties.

Tabel 1.

lange afstand	tot 10 m	± 1 à 10 mm
korte afstand	1-100 mm	± 0,1 à 1 mm
aanraking	0 mm	± 10 à 100 µm

De afstandssensoren met een kleine "aktie-radius" heten ook wel naderingssensoren of "proximity-sensors".

De aanspreekgevoeligheid van aanrakingssensoren (eigenlijk "detektoren") zou nul moeten zijn. Dit is met tastpennen, gekoppeld aan een schakelaar, niet te verwezenlijken. Men zou een kontaktloze aanrakingsschakelaar kunnen maken m.b.v. een (kontaktloze) naderingssensor met verschoven nulpunt. Een bijkomende eis die vaak aan aanrakingssensoren en naderingssensoren wordt gesteld is een alzijdige (driedimensionale) gevoeligheid.

2. Krachtgrootheden

Hieronder kunnen worden geschaard:
kracht, druk, moment ("interne" informatie);
gewicht, grijpkracht (van, resp. op werkstuk);
taktiele informatie (patronen, e.d.).
Het gewenste bereik van krachtsensoren loopt sterk uiteen, en is vooral afhankelijk van de dimensies van de robot zelf. Doorgaans is een onnauwkeurigheid van ± 1% ruim voldoende, en is ± 10% in veel gevallen ook nog aanvaardbaar.

3. Thermische grootheden

Er kunnen zich toepassingen voordoen waarbij het nuttig is dat de robot beschikt over temperatuurgevoel (bijv. de vuurhaardzoeker uit [3]). Een bereik van $-60^{\circ}C$ tot $+600^{\circ}C$ dekt een ruim deel van alle denkbare toepassingen, en is ook realiseerbaar. Afhankelijk van de toepassing is de gewenste onnauwkeurigheid $\pm 0{,}1^{\circ}C$ à $\pm 10^{\circ}C$.

4. Elektrische, magnetische en elektromagnetische grootheden

Sensoren welke gevoelig zijn voor E-velden of H-velden kunnen in bepaalde applikaties van groot voordeel zijn, bijvoorbeeld bij montage van bijzondere onderdelen. De grootheid "kleur" kunnen we ook in deze kategorie rangschikken. Een kleursensor zou goede diensten kunnen bewijzen bij objekt identifikatie, bijv. bij het oogsten van fruit, waarbij het verschil tussen onrijp en oogstrijp vooral uit de kleur is op te maken.

5. Chemische grootheden

Kennis omtrent de samenstelling van gassen en vloeistoffen, of concentraties van bepaalde bestanddelen daarin, kan voor de robot zinvolle informatie zijn, op grond waarvan zijn taakstelling kan worden aangepast (vergelijk de reeds genoemde robotkelner).

Voor elk van de hiervoor genoemde sensoren kan gesteld worden dat zij met de hoogst mogelijke bedrijfszekerheid zullen moeten funktioneren, weinig onderhoud vragen, geen periodieke kalibratie eisen, en bestand zijn tegen allerlei ongunstige omgevingsinvloeden.

Het is duidelijk dat er geen sensoren zijn die in alle opzichten aan de gestelde eisen voldoen. In hoeverre bestaande sensoren wel voldoen, komt in het volgende hoofdstuk ter sprake.

III. TOEPASBAARHEID VAN INDUSTRIELE SENSOREN IN DE ROBOTICA

We zullen ons in dit hoofdstuk beperken tot de sensoren met de meest voorkomende toepassingen, n.l. voor het meten van plaats- en krachtgrootheden. Dit keer wordt een indeling gevolgd naar fysisch principe, omdat veel sensoren geschikt zijn voor het meten van meer dan één grootheid. Achtereenvolgens komen aan de orde: induktieve, capacitieve, resistieve, piezo-elektrische en opto-elektrische sensoren. Voor wat betreft de laatst genoemde zal niet worden ingegaan op beeldopnemers. Hiervoor zij verwezen naar de uitgebreide literatuur over robotvision.

A. Induktieve sensoren

Induktieve sensoren berusten op variaties in zelfinduktie ΔL, magnetische koppeling ΔM of magnetische weerstand ΔR_m, opgeroepen door een fysische variabele of parameter. Hieronder volgt de bespreking van enige belangrijke representanten uit deze sensorfamilie.

A1. LVDT (lineair variabele differentiaaltransformator)

Het principe staat weergegeven in Fig.1a. De beide secundaire spoelen zijn tegengesteld gewikkeld, waardoor de uitgangsspanning nul is indien de beweegbare kern zich in het midden bevindt. Verplaatst de kern zich t.o.v. deze neutrale positie, dan vertoont de spanning aan de uitgang een amplitude afhankelijk van de relatieve verplaatsing, en een fase (0 of π) afhankelijk van de richting van de verplaatsing. Figuur 1b toont een typische overdrachtskarakteristiek van de LVDT. Tabel 2 geeft enige specifikaties van industriële LVDT's [4].

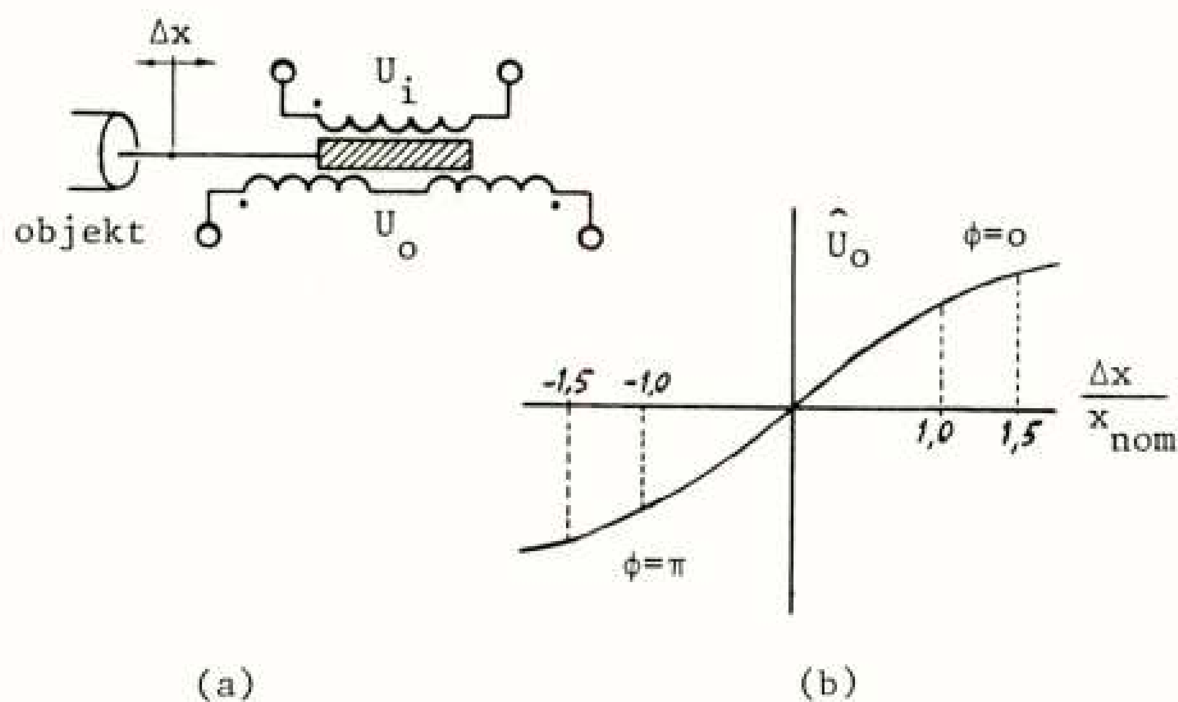


Fig. 1: (a) Principe van de LVDT. (b) Overdrachtskarakteristiek.

De roestvrijstalen uitvoeringsvorm garandeert een goede bescherming tegen zowel mechanische invloeden als tegen elektrische en magnetische stoorvelden.

De LVDT werkt met wisselspanningen. Voor gebruikers waarvoor de signaalbewerking een probleem is, zijn er ook typen te verkrijgen met ingebouwde oscillator, demodulator en filter; deze transducenten staan bekend onder de naam DC-DC LVDT's: zowel de ingangsspanning als de uitgangsspanning is een gelijkspanning.

Behalve als verplaatsingsopnemer is de LVDT ook te gebruiken als krachtsensor (indien uitgerust met een veer), of als versnellingssensor (uitgerust als massa-veer systeem).

Tabel 2.

ingangsspanning	6 à 10 V; 50 Hz tot 10 kHz
meetbereik	± 1 mm tot ± 30 cm (nominaal)
niet-lineariteit	± 0,25% (bij nominaal bereik)
gevoeligheid	10 tot 200 mV/mm/V
temperatuur	100°C (ev. tot 500°C)

A2. RVDT (roteerbaar variabele differentiaaltransformator

Deze berust op hetzelfde principe als de LVDT, doch is rotationeel opgebouwd. Figuur 2 toont een typische overdrachtskarakteristiek; Tabel 3 geeft enige kenmerken [5].

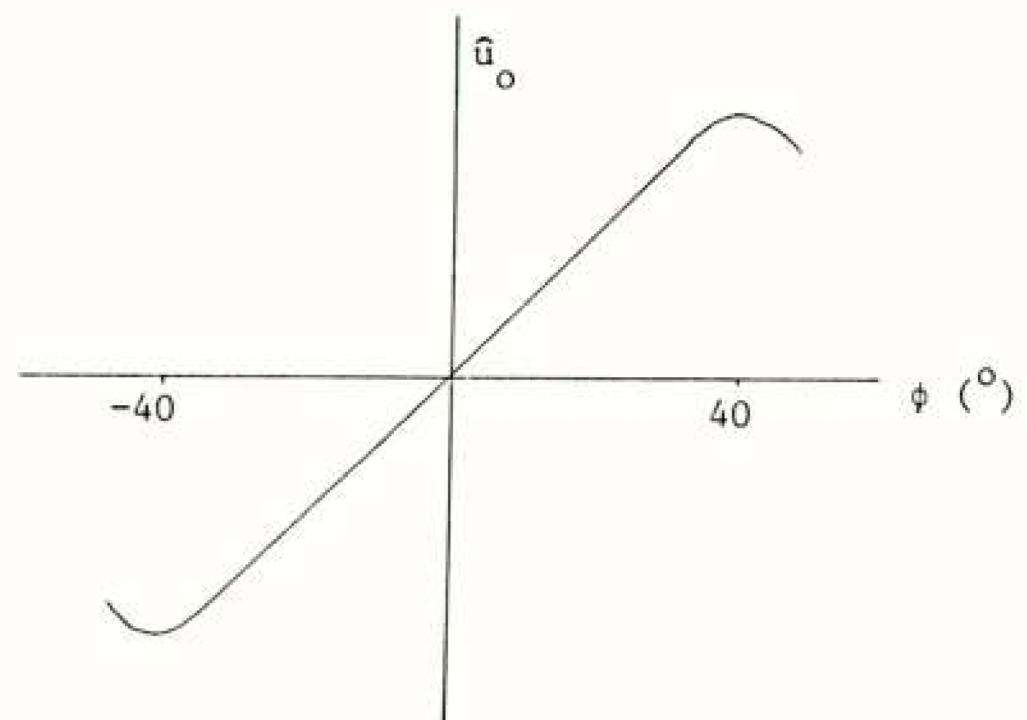


Fig. 2: Overdrachtskarakteristiek van een RVDT.

Tabel 3.

ingangsspanning	tot 10 V(eff); tot 20 kHz
meetbereik	± 40° (nominaal)
niet-lineariteit	± 0,5% (nom. bereik)
gevoeligheid	enige mV/graad/V

A3. Eddy-current verplaatsingssensor

Dit is een type kontaktloze verplaatsingsopnemer, waarvan het principe staat geschetst in Fig.3. De twee spoelen zijn opgenomen in een meetbrug, waarvan de uitgangsspanning een maat is voor de impedantie van de "aktieve" spoel. Deze impedantie is o.m. afhankelijk van de afstand tussen de meetkop en het (geleidende) objekt),de

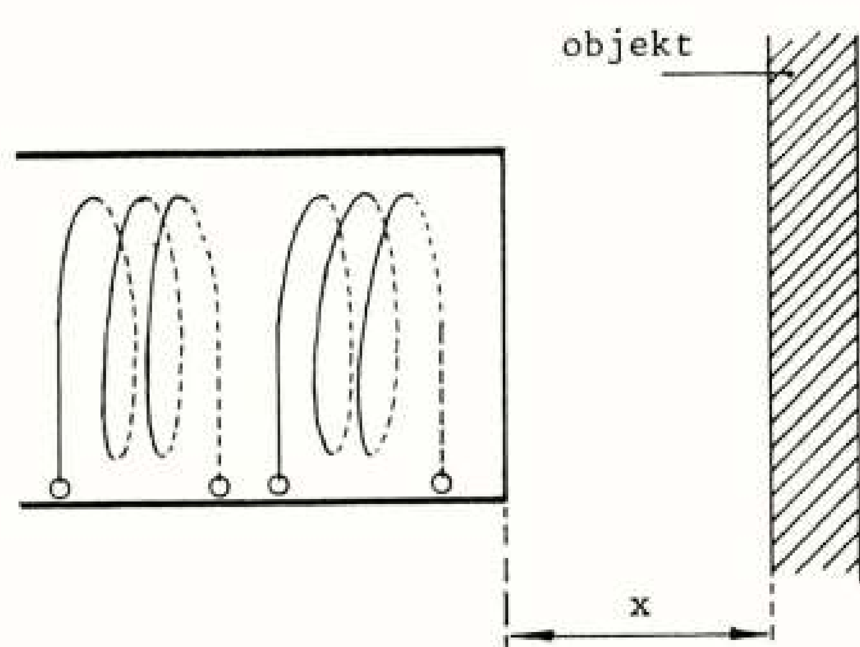


Fig. 3: Principe van de Eddy-current kontaktloze verplaatsingsopnemer.

"target". De tweede spoel dient voor temperatuurkompensatie en linearisering. Tabel 4 geeft enige eigenschappen van een dergelijke opnemer [6].

Tabel 4.

signaalfrequentie:	ca. 1 MHz
meetbereik	: 0 - 0,1 mm tot 0 - 60 mm
gevoeligheid	: 10 tot 500 mV per 0,1 mm
temperatuur	: tot 175°C

De gevoeligheid is mede afhankelijk van het target-materiaal, en de stand van de target t.o.v. de meetkop. De sensor kan ook gebruikt worden voor objekten die niet geleidend zijn, door hierop een stukje aluminium aan te brengen.

B. Capacitieve sensoren

Capacitieve sensoren berusten op capaciteitsverandering t.g.v. een mechanische verplaatsing. Van de vele uitvoeringsvormen noemen we er hier enkele.

B1. Lineair variabele differentiaalcapaciteit.

Figuur 4 toont het principe van deze cirkelcylindrisch opgebouwde sensor, welke veel overeenkomst vertoont met de LVDT. Bevindt het beweegbare deel zich in de middenpositie, dan wordt het op de middenelektrode aangebrachte wisselspanningssignaal even sterk capacitief doorgekoppeld naar de beide buitenste elektroden, en is het verschilsignaal nul. Bij een verplaatsing van de kern wordt de koppeling asymmetrisch, en er ontstaat een uitgangssignaal waarvan de grootte een maat is voor de verplaatsing, en de polariteit een maat voor de richting van de verplaatsing. Tabel 5, kolom 1, geeft enige specifieke eigenschappen van deze capacitieve opnemers [7].

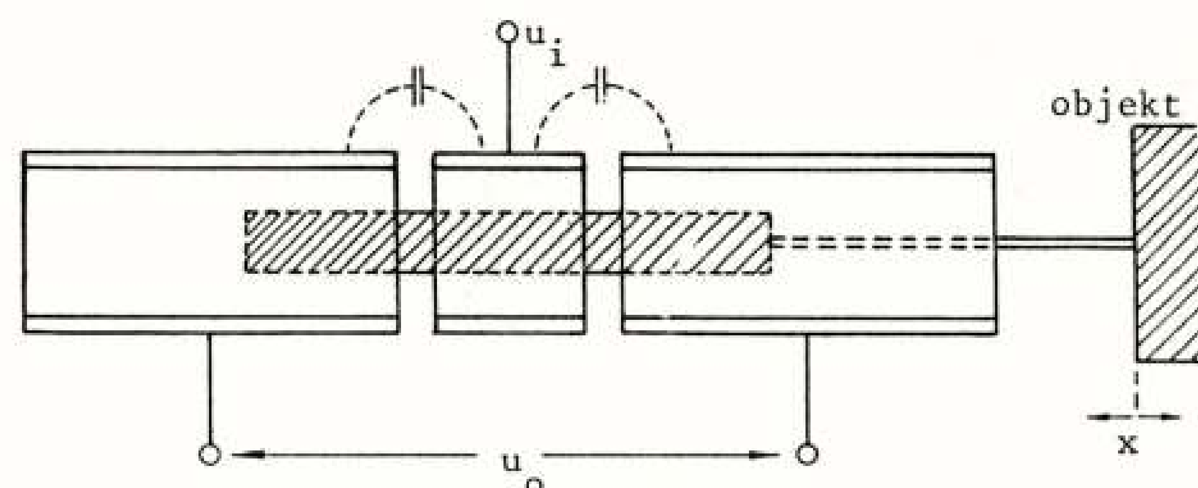


Fig. 4: Principe van de differentiaalkondensator.

Tabel 5

	1	2
bereik	: ± 2,5 tot ± 250 mm	70°
niet-lineariteit:	± 0,01%	± 0,01%
max. temperatuur:	80°C	150°C

B2. Rotatie-sensor

Net als bij de LVDT, bestaat er ook van de capacitieve lineaire verplaatsingssensor een rotationeel type. In tabel 5, kolom 2 staan enige karakteristieke eigenschappen vermeld. Zowel de lineaire als de rotationele sensor kunnen worden ingekapseld in een stevige, roestvrijstalen behuizing, waardoor zij goed bestand zijn tegen ongunstige omgevingsinvloeden.

B3. Kontaktloze capacitieve sensor

Het principe van een kontaktloze capacitieve verplaatsingssensor staat afgebeeld in Fig.5a. De capaciteit tussen beide elektroden in de sensorkop is afhankelijk van de afstand tot een (geleidend) voorwerp. De gevoeligheid van dit soort opnemers is vrij gering (Fig.5b) [7].

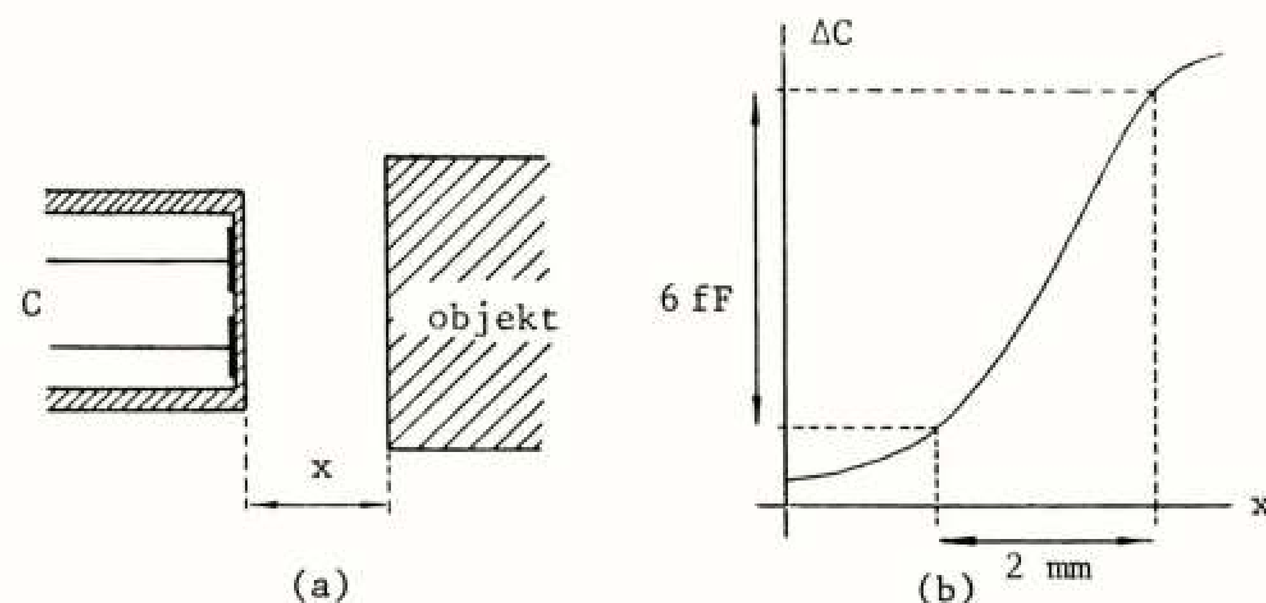


Fig. 5: Principe (a) en gevoeligheid (b) van een capacitieve naderingssensor.

B4. Capacitieve versnellingsopnemer.

Zoals elke verplaatsingstransducent met bewegend deel kan ook de capacitieve verplaatsingssensor worden gebruikt als krachtopnemer (met veer) en als versnellingsopnemer (met massa). Een voorbeeld van dit laatste toont Fig.6, een differentiaalcapaciteit met terugkoppeling.

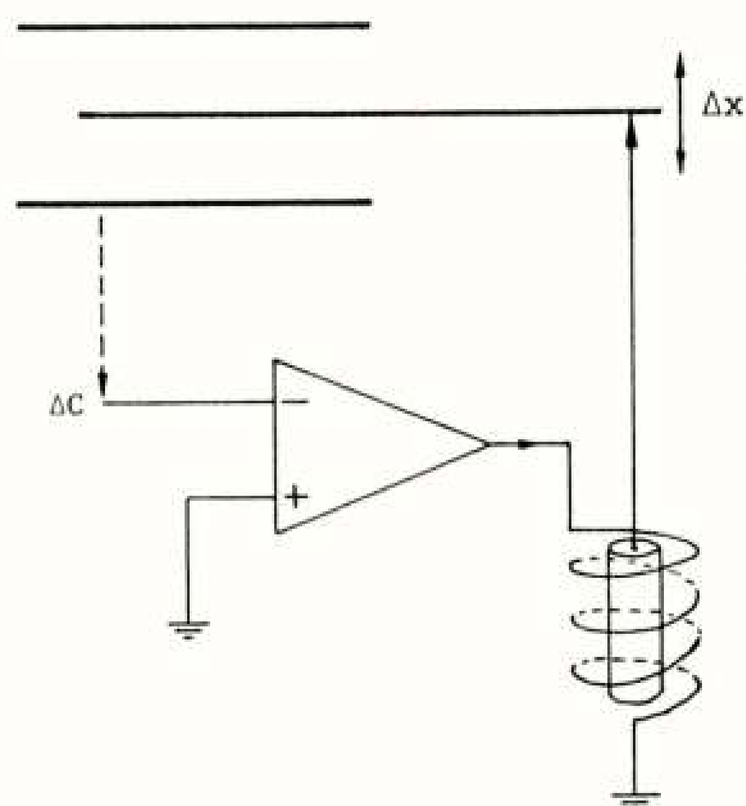


Fig. 6: Versnellingsopnemer volgens de nulmethode.

De werking berust op de nulmethode. De middenelektrode (met massa) wordt via een versterker en een mechano-elektrische transducent op zijn plaats gehouden; de hiervoor benodigde stroom is een maat voor de kracht op die elektrode, en staat als uitgangssignaal ter beschikking. Door deze nulmethode wordt de lineariteit verbeterd, en het bereik vergroot (indien althans de "inverse" transducent dit toelaat). Een voordeel van deze versnellingssensor t.o.v. de hierna te bespreken en zeer populaire piezo-elektrische versnellingsopnemer is dat met de sensor uit Fig.6 ook statische versnellingen (bijv. de zwaartekrachtversnelling) kunnen worden gemeten. Er zijn uitvoeringsvormen met een bereik tot 250 g [8,9].

C. Resistieve sensoren

Opnemers in deze kategorie maken gebruik van veranderingen in elektrische weerstand t.g.v. mechanoresistieve effekten of piezo-resistieve effekten. Bekende uitvoeringsvormen zijn rekstrookjes, geschikt voor kracht- en torsiemetingen, en potentiometrische opnemers (lineair zowel als angulair), geschikt als lineaire verplaatsingsopnemer resp. hoekopnemer. Van potentiometrische opnemers bestaan uitvoeringen met een veer, waardoor ook krachten en momenten zijn te meten.

In tegenstelling tot induktieve en capacitieve transducenten hebben resistieve transducenten een eindige resolutie. Daarentegen is de signaalbewerkingselektronika doorgaans eenvoudiger en dus goedkoper. Van resistieve opnemers bestaat een breed skala aan uitvoeringsvormen: voor verplaatsingen van enige mm tot 1 meter, voor hoekverdraaiingen tot veelvouden van 2π rad ("multi-turn" potentiometers), voor krachten van enige mN tot vele duizenden N, met uiteenlopende toleranties, afmetingen en prijzen.

Interessant voor robottoepassingen zijn de speciaal ontwikkelde mechanische konstrukties, voorzien van rekstrookjes, waarmee gelijktijdig de drie krachtkomponenten en de drie moment-komponenten kunnen worden bepaald [10].

D. Piezo-elektrische sensoren

Deze sensoren berusten op het piezo-elektrisch effekt [11]; materialen die dit effekt vertonen, produceren een oppervlaktelading wanneer op dat materiaal een mechanische kracht wordt uitgeoefend. Deze lading blijkt in hoge mate lineair afhankelijk te zijn van de uitgeoefende kracht. Meestal is de sensor uitgevoerd als kondensator, waarmee volgens $Q = CU$ het uitgangssignaal als een spanning ter beschikking staat. Piezo-elektrische sensoren zijn toe te passen als kracht- of druksensor, of als versnellingssensor. Door de afwezigheid van bewegende delen is dit soort opnemers uiterst robuust te konstrueren, in hermetisch gesloten, roestvrij-stalen behuizing.

Er kleven ook enkele nadelen aan piezo-elektrische sensoren: de resonantie in de overdrachtskarakteristiek (veroorzaakt door het massa-veer-systeem), en het feit dat geen statische metingen kunnen worden verricht: bij konstante kracht op het kristal lekt de opgewekte lading langzaam weg via de altijd aanwezige lekweerstand.

Men onderscheidt twee grondvormen: het kompressie type en het afschuivingstype ("shear"). Fig.7 verduidelijkt het verschil. Tabel 6 toont een opsomming van de belangrijkste specifikaties van piezo-elektrische opnemers, in kolom 1 als krachtopnemer, in kolom 2 als versnellingsopnemer.

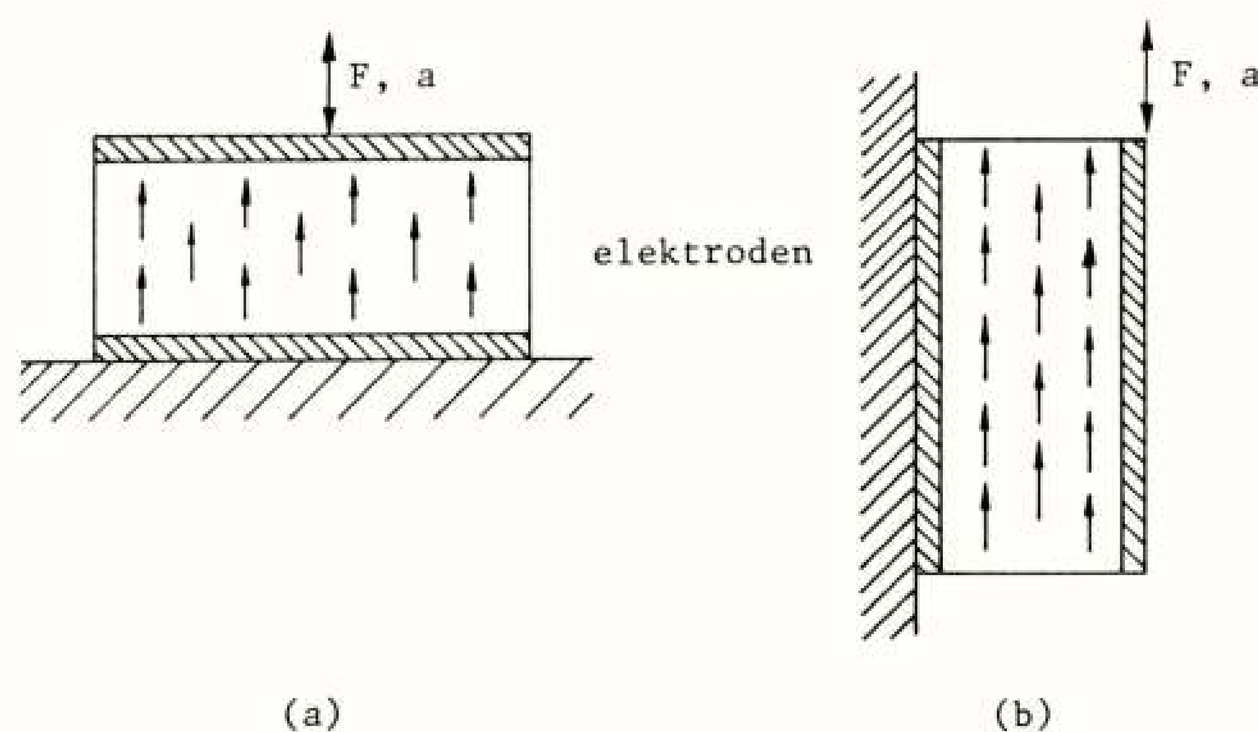


Fig. 7: Piezo-elektrische opnemers:
a) kompressietype b) afschuivingstype. De pijlen geven de polarisatie-richting.

Tabel 6

	1	2
meetbereik	: $0 - 100$ à 10^6 N	$0 - 10^3$ à 10^6 ms^{-2}
gevoeligheid	: 2 à 4 pC/N	0,1 à 50 pC/ms^{-2}
max. temperatuur :	100 à 300°C	
resonantiefrequentie:	1 à 250 kHz	

E. Opto-elektrische sensoren

De meest populaire optische robotsensor op dit ogenblik is de beeldopnemer. Andere, veel eenvoudiger optische komponenten kunnen ook goede diensten bewijzen in de robotica. Figuur 8 toont enige voorbeelden van het gebruik van de kombinatie lichtemitterende diode/fotodiode (LED/FD). Figuur 8a geeft aan hoe we (relatief korte) afstanden kunnen meten, door gebruik te maken van plaatsafhankelijke lichtintensiteit. De uitgangsgrootheid (fotostroom van de FD) varieert niet-lineair met de afstand, en is ook afhankelijk van de hoek tussen de optische assen van beide komponenten. Voorts hangt het uitgangssignaal ook af van de intensiteit van het uitgestraalde licht, en de gevoeligheid van de FD. Voor de eerste is te kompenseren met een tweede, t.o.v. de LED vast opgestelde fotodiode; bovendien is daarmee de gevoeligheid voor variaties in de lichtgevoeligheid van de FD terug te brengen tot het verschil in gevoeligheden van de beide FD's.

Fig.8b toont een toepassing van het LED-FD paar als hoeksensor. Door meting van het quotiënt of verschil tussen de beide fotostromen worden fouten door intensiteitsvariaties van de LED, afstandsvariaties en (gemeenschappelijke) lichtgevoeligheidsveranderingen van de FD's geëlimineerd.

Figuur 8c tenslotte geeft een uitvoering als naderingssensor. De intensiteit van het door het voorwerp teruggekaatste licht is afhankelijk van de afstand tot het voorwerp, maar ook van het reflektievermogen, de hoek en de intensiteit van het opvallende licht. Bovendien is de relatie tussen uitgangssignaal en afstand niet eenduidig (Fig.8d).

Er bestaan handelsuitvoeringen waarbij LED en FD, voor toepassing als naderingssensor, in één behuizing zijn aangebracht.

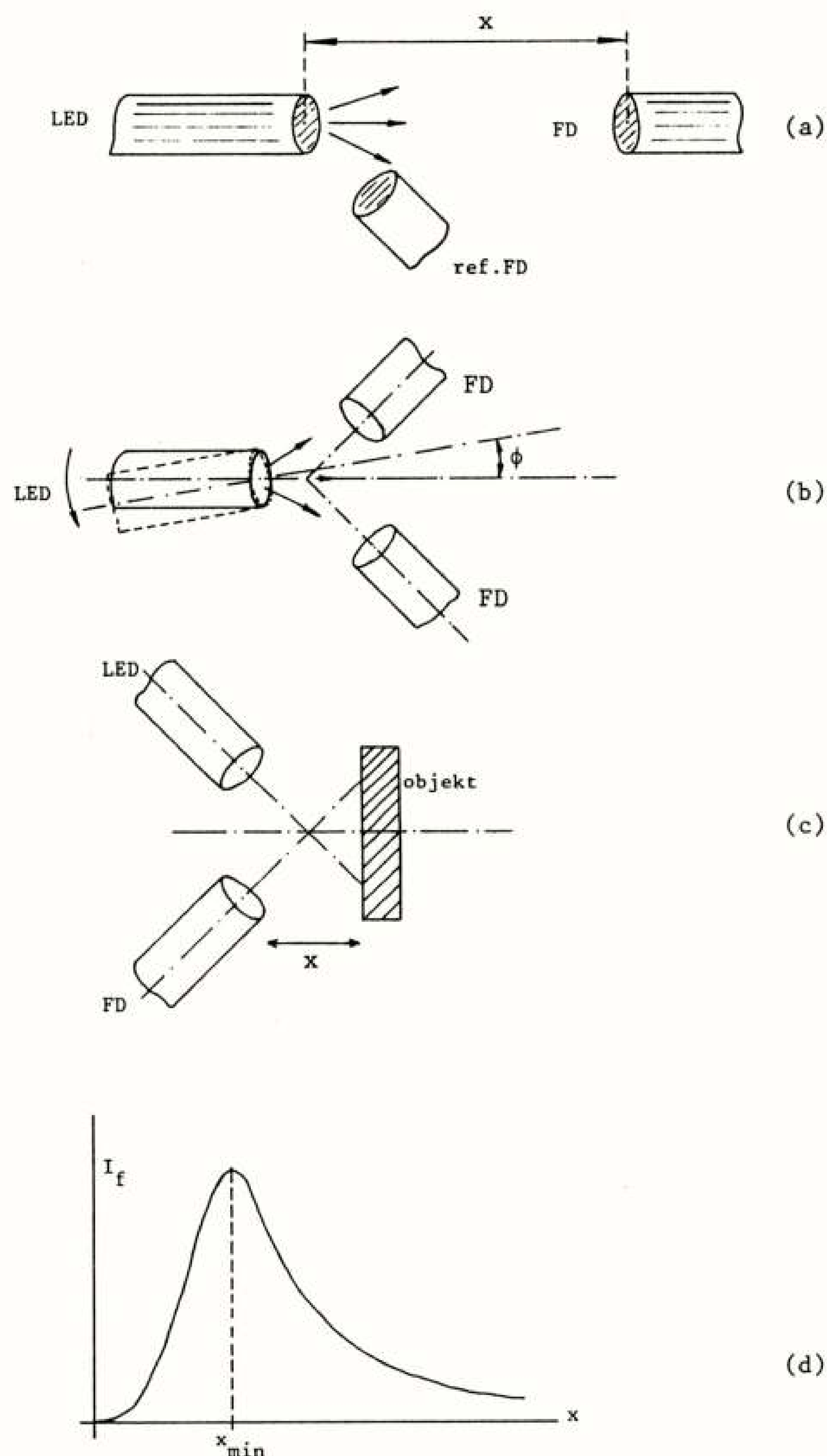


Fig. 8: Het LED-FD paar als (a) afstandssensor (b) hoeksensor (c) naderingssensor; (d) gevoeligheidscurve van (c).

De hiervoor besproken optische sensoren hebben alle het nadeel dat omgevingslicht storend kan interfereren met het meetresultaat. Dit nadeel is te ondervangen door de intensiteit van de lichtbron te moduleren, bijvoorbeeld sinusvorming, en het ontvangen signaal frequentieselektief te verwerken. Een uitstekende methode is synchrone detektie: een frequentie-selektieve en fasegevoelige detektiemethode voor het meten van kleine, verruiste wisselspanningssignalen met smalle bandbreedte [12].

Het gebruik van opto-elektrische komponenten in kombinatie met codeschijven of strippen mag bekend worden verondersteld. Een groot voordeel van deze transducenten is het direkt ter beschikking staan van binair gekodeerde meetgegevens. Een nadeel is dat ze nogal kwetsbaar zijn, en vaak moeilijk in te passen in bestaande konstrukties. Ook de beperkte resolutie is een nadeel t.o.v. de analoge sensoren.

Het is wellicht aardig aan het slot van deze paragraaf een vergelijking te maken tussen (technische) sensoren

en (menselijke) zintuigen. Hierbij vallen twee dingen in het oog.

1. Met technische middelen kan een groter skala van fysische grootheden worden bepaald, met een zeer hoge (absolute) nauwkeurigheid, en over een enorm bereik. Zo is de mens niet in staat de temperatuur van een voorwerp nauwkeuriger aan te geven dan in termen van koud, warm, heet, ondanks de aanwezigheid van vele warmte- en (afzonderlijke) koudesensoren [13]. Er zijn ook weinig mensen die afstanden nauwkeurig op het oog kunnen schatten; hetzelfde geldt voor het vaststellen van het gewicht van voorwerpen. De afzonderlijke zintuigcellen geven daartoe onvoldoende informatie en het ontbreekt ons ook aan nauwkeurige referentiematen.
2. Het is vooral op het gebied van herkenning, klassifikatie, identifikatie, waarin de mens excelleert, dank zij een niet te evenaren informatieverwerkingscapaciteit. Met relatief eenvoudige optische sensoren (beperkte gevoeligheid, dynamiek, spektrum) is in één oogopslag zeer komplexe beeldinformatie verwerkt. Met de relatief primitief opgebouwde akoestische sensor is een menselijke stem uit duizenden anderen te herkennen, op grond van slechts enkele woorden. Met neus en tong kunnen gassen en vloeistoffen uit vele honderden worden herkend.

Kennelijk is de mens in staat veel méér te doen met de beschikbare informatie dan met een technisch systeem tot dusverre mogelijk is. Bovendien doet hij dit snel, zo snel dat zintuiginformatie "in-line" wordt verwerkt, hetgeen zeer komplexe handelingen mogelijk maakt.

IV. ROBOTSENSOREN IN ONTWIKKELING

Het huidige onderzoek aan robotsensoren is vooral gericht op het verkrijgen van beeldinformatie. Voor de omzetting van een (tweedimensionaal) beeld tot een elektrisch signaal kunnen twee methoden worden gevolgd:

1. Integratie van vele (gelijksoortige) sensoren, tot een matrixvorm (zoals bijvoorbeeld bij de CCD-camera), en
2. aftastende éénpuntssensoren; het aftasten zou door de robot zelf kunnen gebeuren.

In het volgende worden enige voorbeelden van dergelijke ontwikkelingen gegeven.

A. Beeldvorming door akoestische sensing

Akoestische beeldvorming lijkt een goed alternatief voor optische beeldvorming (vision). In het medische veld vindt akoestische beeldvorming reeds op ruime schaal toepassing. Voordelen van akoestische systemen bij robot applicaties , t.o.v. optische systemen zijn:
- geen belichtingsproblemen;
- goedkopere en minder kwetsbare komponenten;
- naast vormherkenning ook (nauwkeurige) afstandsbepaling;
- ongevoelig voor vervuiling.

Een nadeel is de geringere resolutie; een grote resolutie is overigens in veel robottoepassingen niet nodig.

Het principe van akoestische afstandsbepaling is eenvoudig. Een geluidsbron (bijv. een piezo-elektrisch element) zendt een kortdurende geluidspuls of burst uit, welke door een voorwerp in de buurt wordt gereflekteerd. De tijdsduur tussen zenden en ontvangen van de echo is een maat voor de afstand tot het voorwerp. Als ontvanger kan óf een tweede akoestisch element worden genomen, óf het zendelement zelf (indien deze berust op reversibele signaaltransduktie). Bij smalle bundels in het mogelijk een scène af te tasten; met brede bundels is het mogelijk beeldinformatie te putten uit een komplex van gereflekteerde geluidspulsen [14].

De voornaamste problemen bij akoestische sensing zijn:
- de sterkte van het echosignaal, die bij grotere afstanden gering is, omdat deze omgekeerd evenredig is met het kwadraat van de afstand tot het voorwerp;
- de minimaal detekteerbare afstand, beperkt door de duur van de uitgezonden puls en de responsie van de zend- en ontvangstelementen;
- de efficientie van de vermogensoverdracht, die met name in lucht bijzonder slecht is door ongunstige verhoudingen van akoestische impedanties;
- de bundelscherpte, die voor scannende systemen vaak te gering is;
- het scannen van de bundel (zowel mechanisch als elektrisch scannen is mogelijk).

Een voorbeeld van een akoestische matrix-sensor met geïntegreerde signaalbewerking is beschreven in [15]. Alhoewel het een sensor is voor medische toepassingen (goede akoestische koppeling met het menselijk lichaam), is vooral de mogelijkheid van geïntegreerde signaalbewerking, direkt gekoppeld aan het akoestisch gevoelige sensoroppervlak, ook voor robotica toepassingen interessant. De sensor bestaat in principe uit een rij MOS-FET's, waarbij variaties in de kanaalgeleiding tot stand komen door indrukking van de erboven liggende laag piezo-elektrisch polimeer.

Een aardige uitvoeringsvorm van een geheel andere akoestische sensor is die , beschreven in [16]. De auteurs maken gebruik van een normaal pick-up element: op de plaats van de naald is een klein vierkant metalen plaatje aangebracht, dat de akoestische trillingen opvangt.

B. Beeldvorming met taktiele sensoren

De opgave bestaat uit de ontwikkeling van een vlakke, min of meer elastische sensor, die een elektrisch signaal afgeeft waarin informatie is vervat omtrent de

grootte van de op deze sensor uitgeoefende kracht, en de plaats waar deze kracht aangrijpt (Fig.9). De voor-

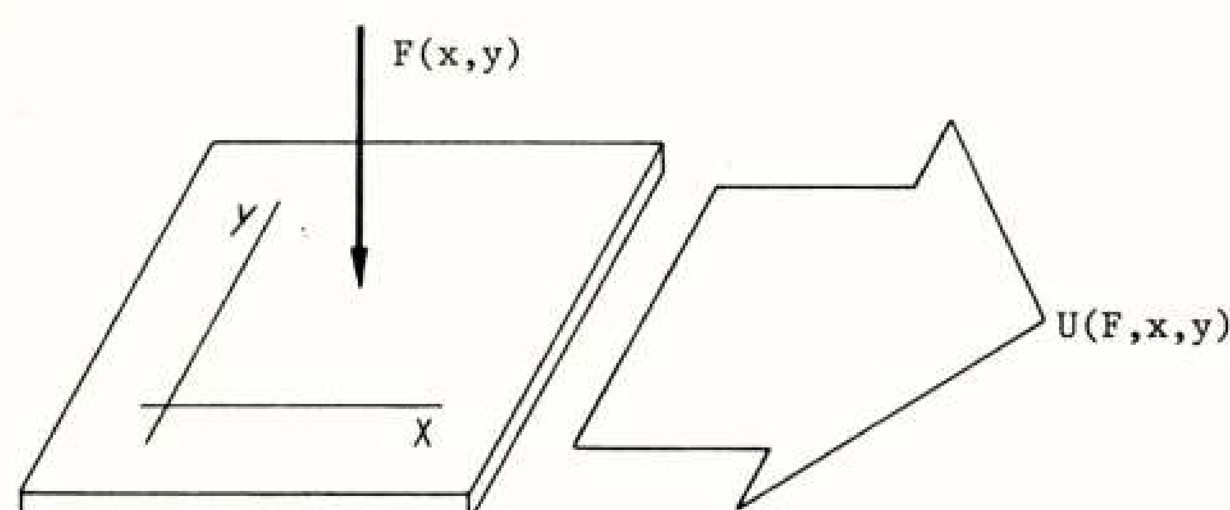


Fig. 9: Grondvorm van een twee-dimensionale taktiele sensor.

naamste eisen aan een dergelijke sensor zijn:

- plaatsresolutie : orde 1 mm
- krachtresolutie : 3 à 4 bits
- hysterese-arm : kleiner dan de resolutie
- snelle responsie: < 0,1 s
- robuust, bestendig tegen mechanische, thermische, chemische en elektrische invloeden.

Behalve gevoelig voor normaalkrachten zou het ook nuttig zijn over een gevoeligheid voor tangentiële krachten te beschikken.

Op velerlei wijzen is getracht een dergelijke taktiele sensor te konstrueren. In [17] en [18] staan puur mechanische uitvoeringsvormen beschreven. Elk tastelement (taxel) ervan bestaat uit een indrukbaar tastpennetje met een veer; de indrukking van het pennetje, die een maat is voor de uitgeoefende kracht, wordt gemeten met bijvoorbeeld een spoeltje. De taktiele sensor is samengesteld uit een aantal van dit soort pennetjes, gerangschikt in een (vlakke) matrix.

Veelbelovend is het gebruik van drukgevoelig, elastisch weerstandsmateriaal [19]. De principiële opbouw van een daarop gebaseerde taktiele sensor staat in Fig.10.

Essentiële nadelen van deze sensoren zijn de relatief sterke hysterese (in zowel de resistiviteit als de indrukking van het elastisch materiaal), de grote nietlineariteit en de instabiliteit. In [20] staat een 4 x 4 matrix beschreven, ingebouwd in de "vingertoppen" van een tweevingerige robotgrijper.

De taktiele sensor van [21] berust op variabele kontaktoppervlakken tussen een elastisch, geleidend materiaal en een vaste geleider (Fig.11). Naarmate de kracht op een bepaalde plaats toeneemt, neemt het kontaktoppervlak met de onderliggende (geïsoleerde) elektrode toe, en dus de weerstand af. Er is een dergelijke

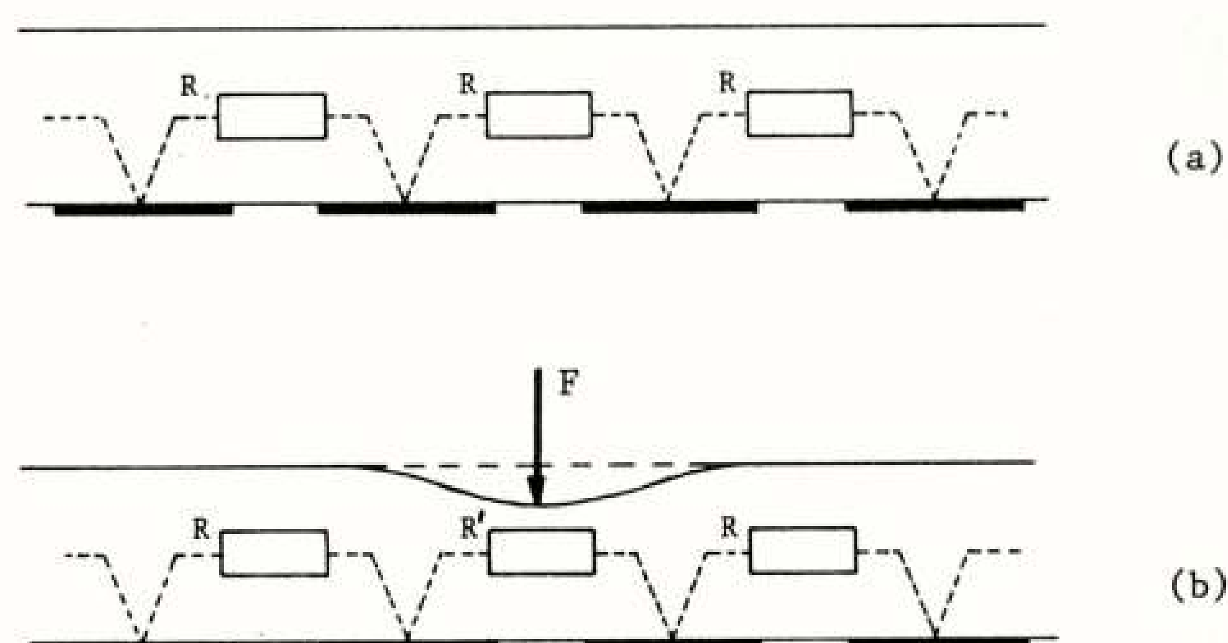


Fig. 10: Principiële opbouw van een taktiele matrixsensor op basis van een drukgevoelige geleidende weerstandslaag. (a) zonder en (b) met indrukking.

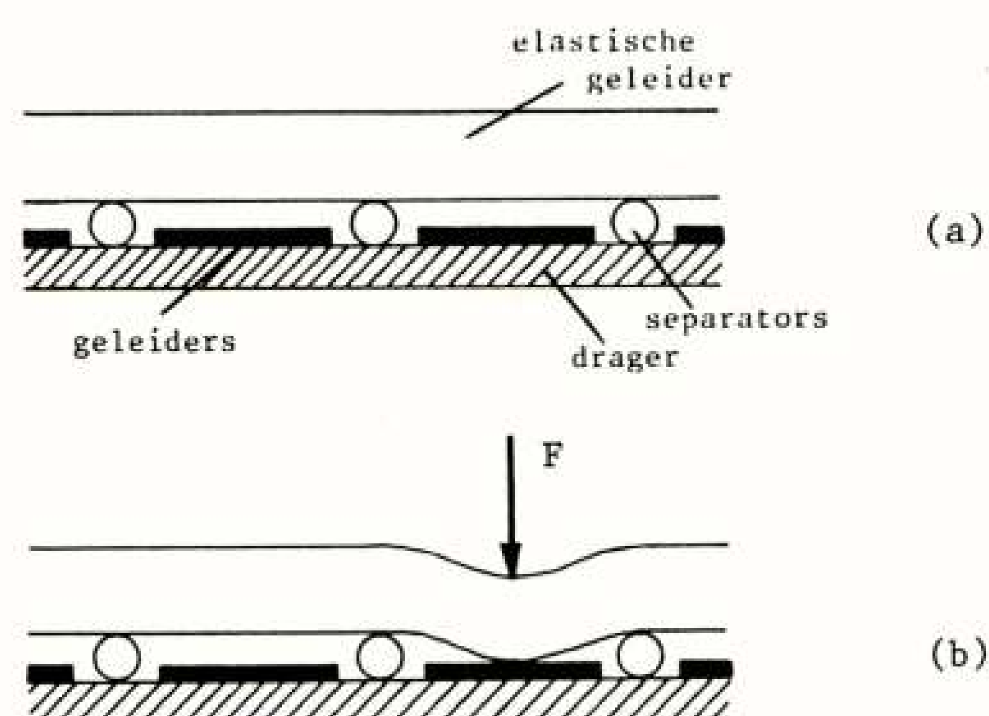


Fig. 11: Taktiele sensor op basis van krachtafhankelijke kontaktoppervlakken. (a) zonder en (b) met indrukking.

sensor gemaakt met 256 taxels, en een resolutie kleiner dan 0,1 mm.

Bij gebruik van silicium als dragermateriaal is het mogelijk de signaalbewerking (of een deel ervan) te integreren in de sensor zelf. De toepassing van integratietechnologie schept ook de mogelijkheid van een hogere resolutie. In [22] is een dergelijke sensor beschreven, welke berust op het eerder aangehaalde piezoresistieve elestische materiaal. De resolutie bedraagt ca. 1 mm; de sensor bevat een matrix van 6 x 3 taxels.

Een taktiele matrixsensor op basis van magnetische detektie staat beschreven in [23]. Fig.12 toont globaal het principe. Elk tastelement bevat een magnetische dipool (ingebed in een elastisch materiaal) en een mageetsensor. Ter plekke van de indrukking ontvangt de magnetische sensor een met de kracht toenemende flux.

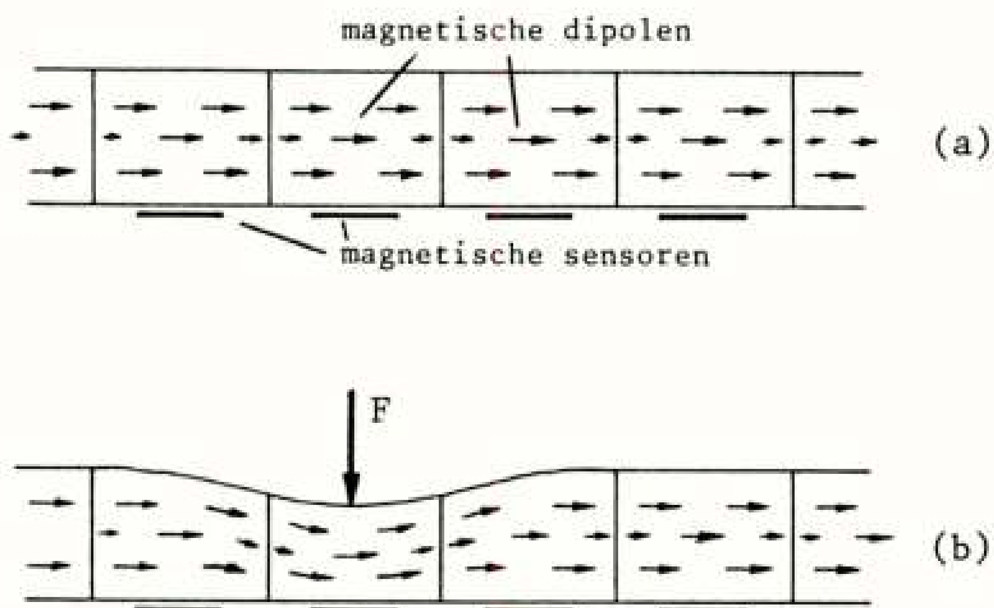


Fig. 12: Taktiele sensor met magnetische sensoren.

Bovenstaande opsomming is geenszins volledig: het is niet meer dan een greep uit de vele, steeds frequenter verschijnende publikaties op dit gebied. Naast de fysische en technologische problemen bij het ontwikkelen van goede robotsensoren, en in het bijzonder matrixsensoren, is ook de verwerking van de grote datastroom een knelpunt; herkenningsalgorithmen vormen hiervan een belangrijk aspekt. Alhoewel de ontwikkelingen zeer snel gaan, zal het echter nog jaren duren voor er met recht van kunstmatige intelligentie gesproken kan worden. De vraag of het met technische middelen ooit mogelijk wordt het menselijke waarnemingssysteem te evenaren, is vooralsnog niet te beantwoorden.

LITERATUUR

1. IPA, Stuttgart, 1980.
2. N.J.Zimmerman, C.Kok: Robottechnologie in U.S.A. Werkgroep HTO-WO Lab. voor Robotica en Flexibele Automatisering, Delft, juni 1984.
3. JIRA-Committee "Survey and Forecast on Technology of Industrial Robots", Round table conference, Amsterdam June 12, 1984. Georganiseerd door de Ned. Ver. voor Management.
4. Ontleend aan specifikatie-bladen van diverse fabrikanten van LVDT's
5. id. voor RVDT's.
6. id. voor variabele reluctantie opnemers.
7. id. voor capacitieve verplaatsingsopnemers.
8. id. voor capacitieve versnellingsopnemers.
9. J.C.W.M. v.d. Bijl: Servo accelerometers with quartz seismic system; in: P.Bergveld (Ed): (Proceedings of the Symposium on) Sensors and Actuators, Twente University of Technology, Nov. 1984.
10. P.C.Watson, S.H.Drake: Pedestal and wrist force sensors for automatic assembly. Proc. 5th Int. Symp. on Industrial Robots, Chicago, sept. 1975; pp.501-511.
11. zie o.a.: K.B.Klaassen: Piezoelectric accelerometers; in: P.P.L.Regtien (Ed.): Modern Electronic Measuring Systems, Delft University Press 1978; pp.45-67.
12. zie o.a. J.C.L. van Peppen: Coherent detection and its use in lock-in amplifiers; in: P.P.L.Regtien (Ed.): Modern Electronic Measuring Systems, Delft University Press 1978; pp.119-139.
13. zie o.a.: J.F.Young: Robotics. Butterworths, London 1973; p.23.
14. V.Mãgori: Ultraschall-Distanzsensoren zur Objektidentifizierung und Lageerkennung. VDI-Berichte Nr.509, 1984, pp.27-31.
15. R.G.Schwartz, J.D.Plummer: Integrated Silicon-PVF_2 Acoustic Transducer Arrays. IEEE Trans. El. Devices, ED-26, no.12, 1979; pp.1921-1931.
16. M.J.Robillard: Microprocessor based robotics (Intelligent Machine Series Vol.I), Sams and Co., Inc., U.S.A., 1983; p.77.
17. S.Takeda: Study of artificial tactile sensors for shape recognition. Proc. 4th Int. Symp. on Industrial Robots, Tokyo Nov. 1974; pp.199-208.
18. N.Sato, W.B.Heginbothan, A.Pugh: A method for three dimensional part indentification by tactile transducer. Proc. 7th, Int. Symp. on Industrial Robots, Tokyo Oct.1977; pp.577-585.
19. J.N.Foulc, P.Lopez: Initiation à la robotique, 4-equipement sensoriel et de préhension des manipulateurs. Le Nouvel Automatisme, Janvier-Février 1980.
20. W.E.Snyder, J.St.Clair: Conductive elastomers as sensor for industrial parts handling equipment. IEEE Trans. Instr. and Meas., IM27, no.1, March 1978; pp.94-99.
21. W.D.Hillis: A high resolution imaging touch sensor. Int. J. Robotics Research, Vol.1, no.2, 1982; pp. 33-44.
22. M.H.Raibert, J.E.Tanner: Design and implementation of a VLSI tactile sensing computer. Int.J. Robotics Research, Vol.1, no.3, 1982; pp.3-18.
23. S.Harkwood e.a.,: A torque-sensitive tactile array for robotics. Int.J. Robotics Research, Vol.2, no.2. 1983; pp. 46-50.

Voordracht gehouden tijdens de 324e werkvergadering.

IEEE BENELUX SECTION
NEDERLANDS ELECTRONICA EN RADIOGENOOTSCHAP
(323e werkvergadering)
SECTIE TELECOMMUNICATIETECHNIEK, KIvI



UITNODIGING

voor de lezingendag op 21 augustus 1984 in zaal BB3 van het gebouw voor Bestuur en Beheer van de Technische Hogeschool Twente.
Thema: COMPUTER ARCHITECTUUR

PROGRAMMA

10.00 uur:	Ontvangst en koffie.
10.30 uur:	Prof. G.A. Blaauw (TH Twente, Vakgroep Informatica) foto 1 ONTWIKKELINGEN IN DE COMPUTER ARCHITECTUUR.
11.15 uur:	Dr. A.J. Nijman (Philips Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven) PARALLELLE ARCHITECTUREN, VEREISTEN EN REALISATIEMOGELIJKHEDEN.
12.00 uur:	Lunch.
13.30 uur:	H. v. Hulst (Digital Equipment Corp., Utrecht) OVERZICHT VAN MINICOMPUTER ARCHITECTUREN.
14.15 uur:	A.H. Veen M. Sc. (Centrum voor Wiskunde en Informatica, Amsterdam) foto 2 ARCHITECTUUR VAN DATAFLOW MACHINES.
15.00 uur:	Theepauze.
15.30 uur:	Dr. E. Deprettere (TH Delft, Afd. E., Vakgroep Netwerktheorie) foto 3 CORDIC PROCESSOR ELEMENT VOOR ARRAY EXECUTIE VAN SNELLE ALGORITHMEN.
16.15 uur:	Sluiting.





Aanmelding dient te geschieden door inzending van aangehechte kaart, gefrankeerd met een postzegel van 50 cent.

Deelname aan de lezingen is gratis voor leden van de deelnemende verenigingen en studenten.
Introducées betalen *f* 15,--.
Lunches kunnen alleen worden gereserveerd door voor 14 augustus *f* 20,-- over te maken op postrekening 3099125 van de penningmeester IEEE Benelux Sectie te Waalre onder vermelding van "Computer Architectuur".

De TH Twente is bereikbaar met het openbaar vervoer. Treinreizigers dienen uit te stappen bij station Hengelo. Vanaf dit station is er een halfuur dienst van de TET, bus richting Enschede Glanerbrug, uitstappen bij halte THT.
De THT ligt halverwege de oude rijksweg Enschede-Hengelo. Komend van de A1 (E8) de nieuwe rijksweg A35 volgen richting Enschede tot de eerste verkeerslichten. Daarna links af en aan het einde bij de volgende stoplichten rechtsaf. Daarna de tweede weg links (Twekkeleres). Op het terrein van de THT staat de weg aangegeven met borden "IEEE".

Namens de samenwerkende verenigingen
Dr.Ir. C.J. Koomen
tel: 035-892292

Hilversum, 27 juni 1984

THE INFLUENCE OF HARDWARE DEVELOPMENT ON GRAPHICS STANDARDS

Ir. J.W. Ero
Nederlandse Philips Bedrijven B.V.

Abstract: In 1984 GKS will become the first international standard in the field of computer graphics. The fast moving technology in this area has given rise to a different approach towards the division between application and graphics systems. This has led in the U.S.A. to the development of a new graphics standard called PHIGS.

INTRODUCTION

Already in the early 70's device independency in computer graphics became an important issue in the U.S.A. and later also in Europe.

This resulted in the ACM CORE proposal for a graphics standard. An improved version of the 'CORE' appeared in 1979 [1] and although it was not an official ANSI standard, it served as a de facto standard for many years. It was taught at universities and many implementations were made. Meanwhile a DIN committee in Germany started to define a proposal for 2D interactive graphics. Via ISO it became a Draft International Standard [2] and it was also accepted by ANSI in the U.S.A.

PROBLEMS WITH GKS

The GKS standard is actually a specification of functions. Various implementations are made with bindings for different languages such as FORTRAN, C, Pascal and Ada.

Fast changes in the hardware of terminals have revealed shortcomings in GKS. Further specific implementations may have problems. Some of the difficulties are:

- A graphics terminal may have properties that cannot be addressed by GKS functions. These extra features may be addressed via ESCAPE or GDP functions, but these are not standard and who is going to implement those?
- A graphics terminal may have properties that could be used by GKS but are not. This can be a shortcoming of the standard or of the implementation.
- In GKS no functions are defined for menus and axes.
- Editing of existing segments is not possible.
- There is no relation defined between windows and segments.
- No facilities exist for bit plane selection.
- GKS prescribes software simulation of polygon filling, text fonts and segment storage. Is it possible to remove software simulation modules from an implementation if a terminal can perform those features in hardware?

NEW DEVELOPMENTS IN HARDWARE

Recent years have shown progress in the possibilities of graphics terminals and workstations. New features are:

- display list to bit map conversion,
- segment editing,
- segment calls,
- pan and zoom from display list,
- 3D transformations,
- projection, clipping and scaling,
- object interference detection,
- hidden surface removal,
- shading,
- multiple windows,
- plane selection and
- pixel block transfer.

Some modern terminals are:
Tektronix 4115 + P51 option,
IRIS workstation,
Megatek Merlin 9200.

RELATION BETWEEN STANDARDS AND INDUSTRY

The first push towards a standard came from the universities, but, once a standard was established, software houses started to make implementations and the industry started to make terminals which realized part of the standard functionality in hardware or firmware. New developments in hardware in their turn are causing the standard to be adapted or extended again. There are still manufacturers though who make non-standard software for their terminals. The advantage of a vendor's package is optimal use of hardware, but the

customer gets tied to a certain vendor and conversion costs are high. The advantages of a standard package are a high degree of portability and low conversion costs, but there is limited access to hardware features and the implementation may be slow and bulky.

ADVANTAGES OF A HIERARCHICAL DATA STRUCTURE

Since the hardware is doing more and more conversion from a segmented display list to bit map and also 3D transformations, it would seem that the distinction between application and graphics systems, i.e. hardware and software is becoming more vague. Because many CAD applications are based on a hierarchical data structure, the need arises for graphics hardware (or firmware) which traverses such a hierarchy to avoid mapping into a flat segment list.
The main advantages of a hierarchical data structure are:

- Less storage of data,
- Closer coupling of application to graphics.

THE NEW STANDARD PHIGS

The ANSI committee X3H3 is making a proposal for a new graphics standard called PHIGS, which stands for Programmers Hierarchical Interactive Graphics Standard [3].

The purpose of PHIGS is exactly to couple application and graphics package more tightly; the application calls on PHIGS to build and modify the hierarchical data structure, which is then traversed by software or hardware.
The main differences between PHIGS and GKS are:

- Structures,
- Attributes,
- Viewing and
- Input handling.

Structures

Structures are kinds of segments which form nodes in a network. The top structure or root calls other structures down to the lowest ones. A structure consists of the following elements:

- Output primitives,
- Attribute settings,
- Modelling transformations,
- Viewing selections,
- Calls to other structures,
- Pick set elements,
- Labels to identify one or more elements and
- Application data.

For really interactive applications it is necessary to modify the contents of the structure. Editing capabilities are:

- Open struture,
- Close structure,
- Inquire element pointer,
- Set element pointer,
- Add element after pointer,
- Offset element pointer,
- Insert label,
- Set element pointer at label,
- Delete element,
- Delete elements between labels,
- Inquire type and size of element and
- Copy elements from other structure.

The following operations on structures are defined:

- Empty structure,
- Delete structure and all references to it,
- Delete all structures,
- Change structure name,
- Change references to renamed structures,
- Inquire structure path and
- Archive a structure.

To display a structure and all structures referenced by it, it is necessary to post a root.

To make the displayed structure invisible again, it is possible to unpost one or all roots.

Attributes

Attributes determine the appearance of output primitives, e.g. line style, text font, fill pattern, etc.

Unlike GKS, attributes are not bound to primitives at creation time but at display time. Attributes are inherited from parent structures and can be changed inside a structure. On return to the parent structure, the original attributes are restored.

Viewing

The main difference with GKS here is that modelling transformation from modelling to world coordinates forms part of the viewing pipeline. On entering a structure, the modelling transformation is formed by concatenating the current or global transformation matrix with the matrix in the structure. The global matrix can also be replaced completely. On return to the parent structure the original modelling transformation matrix is restored.

Input handling

Handling of input is similar to GKS with respect to the six input classes and the three modes. The difference is that the pick input of PHIGS has to return a pick depth and a pick path through the structure hierarchy. Instead of segment detectability, pick classes can be associated with groups of primitives. This pick set of classifications behaves like a normal primitive attribute. On input, the pick device has associated with it an inclusion pick set and an exclusion pick set, which act as filters. Groups of primitives are now detectable if their pick class falls in the inclusion set of the filter and outside the exclusion set.

CONCLUSION

There is a good chance that within one or two years PHIGS will become an ANSI standard. Maybe ISO will follow.

For some people it seems disturbing that two standards (GKS and PHIGS) will exist side by side. But it can be said that not all applications have a hierarchical data structure and other applications might want to do their own modelling, so GKS may retain its right to exist.

With respect to modelling and support of hierarchies PHIGS is a great step forward, but many of the problems mentioned for GKS remain:

- Not all hardware features can be used,
- No function for hidden surface removal,
- No curved surfaces as primitives,
- No functions for shading,
- Technology outruns the fixing of a standard.

The important issue is that every CAD programmer has to determine the requirements for his specific application. He can then decide to use an implementation of GKS or PHIGS or to go for a non-standard solution.

REFERENCES

[1] CORE Status report of the Graphic Standards Planning Committee, ACM Siggraph, Vol. 13, No. 3, August 1979

[2] GKS Draft International Standard ISO/DIS 7942, document ISO TC97/SC5/WG2 N163, 1982-11-14

[3] PHIGS ANSI document X3H3/84-40, revised 1984-02-29

Voordracht gehouden tijdens de 326e werkvergadering.

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(324ste werkvergadering)
SEKTIE TELEKOMMUNIKATIETECHNIEK KIvI
IEEE BENELUX SEKTIE

UITNODIGING

voor de lezingendag op **27 september 1984** in het **gebouw Elektrotechniek** van de **Technische Hogeschool Delft.**
THEMA: ROBOTICA

PROGRAMMA

09.30 uur: Ontvangst en koffie.

10.00 uur: **PROF. IR. F. KYLSTRA**, (TH Eindhoven)
DE INDUSTRIËLE ROBOT: EEN ARM MET EEN COMPUTER OF EEN COMPUTER MET EEN ARM?

10.40 uur: **IR. A. A. DEN HEYER** (ASEA, Apeldoorn)
GEÏNTEGREERD ROBOT-VISION SYSTEEM
(met demonstratie)

11.20 uur: Koffiepauze.

11.50 uur: **PROF. DR. IR. H. VAN BRUSSEL** (Kath. Universiteit Leuven)
DYNAMISCHE- EN KRACHTCONTRÔLE VOOR ROBOTS



12.30 uur: Lunch.

14.00 uur: **DR. IR. P. P. L. REGTIEN** (TH Delft)
SENSOREN IN DE ROBOTICA

14.40 uur: Theepauze.

15.10 uur: **PROF. DR. J. VERHOEFF** (Erasmusuniversiteit Rotterdam) foto 1
ROBOTS EN RECREATIE

15.50 uur: Sluiting.

Aanmelding dient te geschieden door inzending van de aangehechte kaart, **gefrankeerd** met een postzegel van **50 cent.**

Deelname aan de lezingen is gratis voor leden van de organiserende verenigingen, en voor studenten. Introducées betalen *f* 15,00.

Lunches kunnen worden gereserveerd door vóór 20 september 1984 een bedrag van *f* 15,00 over te maken op postrekening 94746 t.n.v. de penningmeester van het NERG, Leidschendam, onder vermelding van "robotica".

De TH Delft is bereikbaar per auto via de autosnelweg Den Haag-Rotterdam vv. Via de afrit Delft-Zuid volgt men de borden TH-wijk. De TH Delft is bereikbaar per openbaar vervoer, vanaf station Delft door middel van buslijn 63.

Namens de samenwerkende verenigingen,
DR. IR. P.P.L. REGTIEN, NERG
Tel. 015 - 784729

Delft, augustus 1984

SOLID MODELLING OP BASIS VAN RAY TRACING

Ir. J.J. van Wijk
Tussenafdeling Industrieel Ontwerpen
Technische Hogeschool Delft

Solid modelling based on ray tracing. Solid modelling is a technique for defining 3-D objects for CAD/CAM. The basic approach is to define a complex object by combining primitive objects. Ray tracing is a powerful technique for visualising these objects. A description is given of the solid modeller RAYMO, developed at Delft University of technology, which uses these techniques. Examples and applications are presented.

INLEIDING

De kennis en het gebruik van computer graphics technieken hebben de laatste twintig jaar een grote groei doorgemaakt. Het beschikbaar komen van krachtige hardware alsmede de ontwikkeling van software technieken hebben geleid tot het gebruik van computer graphics voor tal van toepassingen.

Een eerste onderscheid dat hierbij kan worden gemaakt is tussen 2D en 3D graphics. Bij 2D graphics kan worden gedacht aan het gebruik van graphics voor het ondersteunen van de interactie, het presenteren van resultaten van berekeningen en statistische onderzoeken (business graphics) en gebruik voor grafische vormgeving (o.a. zgn. paint-systemen).

Bij 3D graphics worden afbeeldingen gemaakt van ruimtelijke objecten op een plat vlak. Hiervoor kunnen tal van technieken worden gebruikt, varierend van het afbeelden van eenvoudige draadmodellen tot het vervaardigen van zeer realistische afbeeldingen in kleur. De meest krachtige techniek hiervoor is ray tracing.

Toepassingen van 3D graphics zijn velerlei, maar de belangrijkste is wel het gebruik voor CAD/CAM, het ontwerpen en vervaardigen van producten met behulp van de computer. Kenmerkend voor CAD/CAM en 3D graphics is dat de programmatuur kennis moet hebben van de vorm van het object, ofwel er moet een geometrisch model beschikbaar zijn. De gebruiksmogelijkheden van een CAD/CAM-systeem worden sterk bepaald door de wijze waarop dit model wordt gerepresenteerd. Het programma dat betrekking heeft op het invoeren, opslaan en ter beschikking stellen van vorminformatie, de geometric modeller, vormt dan ook de kern van de meeste CAD/CAM-systemen.

CAD voor industrieel ontwerpen

Ondanks de stormachtige ontwikkelingen van de laatste tien jaar voldoen de huidige modellers nog niet aan gestelde eisen. Het aan de Technische Hogeschool te Delft lopende Geometric Modelling project, een samenwerkingverband tussen de vakgroep Vormgeving van de Tussenafdeling Industrieel Ontwerpen en de vakgroep Informatica van de Onderafdeling Wiskunde en Informatica, is gericht op het verder ontwikkelen van technieken voor het beschrijven van visualiseren van vormen, en het implementeren hiervan in een CAD-systeem. Het projekt is met name gericht op toepassing van CAD door industrieel ontwerpers. Dit heeft geleid tot een grote nadruk op vormbeschrijving en hoogwaardige visualisering. Visualisering is van groot belang voor ontwerpers, aangezien zodoende in een vroeg stadium, zonder een fysiek model te maken, het ontwerp kan worden beoordeeld op esthetische aspecten.

Overzicht

In de volgende paragraaf zal een kort overzicht worden gegeven van technieken voor vormbeschrijving. Een meer uitgebreide beschrijving kan worden gevonden in (Bronsvoort, 1983, 1984). Voor het projekt is de zgn. solid modelling methode gekozen als de meest geschikte representatie voor industrieel ontwerpen. Vervolgens zal worden ingegaan op de ray tracing techniek. Dit is een techniek voor het afbeelden van objecten, gedefinieerd met solid modelling, waarmee zeer realistische resultaten kunnen worden geboekt.

Het projekt heeft geleid tot de ontwikkeling van RAYMO, een experimenteel solid modelling systeem gebaseerd op ray tracing. In de vierde paragraaf zal een beschrijving van dit systeem worden gegeven, geïllustreerd met een aantal voorbeelden van resultaten. Tenslotte zullen een aantal richtingen voor toekomstig onderzoek worden genoemd.

GEOMETRIC MODELLING

Binnen de huidige gebruikte modelleer technieken kunnen drie categorieën worden onderscheiden: wireframe modelling, surface modelling en solid modelling.

Wireframe modelling

Bij wireframe modelling wordt een model beschreven als een draadfiguur: een verzameling punten in de ruimte,

die onderling door lijnstukken zijn verbonden. Deze methode van vormbeschrijving legt een ruimtelijk object niet eenduidig vast, omdat informatie ontbreekt. Zo is bijvoorbeeld niet eenduidig vast te stellen, waar zich grensvlakken bevinden. Dit beperkt de operaties die op een dergelijk model mogelijk zijn aanzienlijk. Hidden-line removal, het weglaten van uit het oogpunt onzichtbare lijnen, is bijvoorbeeld niet mogelijk. De belangrijkste toepassing is technisch tekenen.

Surface modelling

In geval van surface modelling wordt een object beschreven door middel van een groot aantal oppervlakte elementen. Hiervoor worden platte vlakjes (polygons), analytische oppervlakte elementen (bollen, kegels) of willekeurig gekromde oppervlakteelementjes (patches) gebruikt. Bekende technieken voor het beschrijven van dubbelgekromde oppervlakken zijn de Bezier en B-spline methoden. Hierbij voert de gebruiker een ruimtelijk netwerk in, dat geconverteerd wordt naar een dubbel gekromd oppervlak. Bezwaren van deze methodes zijn dat veel informatie moet ingevoerd en dat correcties en wijzigingen van het oppervlak lastig zijn. Hier staat echter een zeer grote vormvrijheid tegenover, wat deze methode bij uitstek geschikt maakt voor toepassingen als ontwerpen van autocarrosserieën en vliegtuigvleugels.

Solid modelling

Bij solid modelling wordt een object rechtstreeks beschreven met behulp van volumes. De centrale methode is de Constructive Solid Geometry (CSG) techniek. Hierbij heeft de gebruiker de beschikking over een aantal primitieve objecten zoals blok, bol en cylinder. Deze kunnen worden gemanipuleerd en gepositioneerd met behulp van transformaties: translatie, rotatie en schaling. Verder kunnen deze objecten worden gecombineerd met de zgn. Booleaanse operaties vereniging, doorsnede en verschil. Figuur 1 toont het effekt van deze operaties. Als de primitieve objecten valide en op een consistente manier beschreven zijn, dan is het resultaat van transformaties en Boolean operaties eveneens een valide object. Dit is een van de sterke punten van solid modelling; de beschrijving van het object is consistent, zonder dat de gebruiker dit hoeft te controleren. Verder sluit het beschouwen van complexe objecten als een samenstelling van meer eenvoudige vormen goed aan bij de wijze waarop ontwerpers denken.

Het vormdomein van een solid modeller wordt bepaald door de geïmplementeerde primitieve objecten. Figuur 2 toont enkele van de meest gebruikte basisvormen: blok, cylinder, bol, kegel en torus. Voor de meeste toepassingen in de werktuigbouwkunde kan worden volstaan met deze primitieve objecten. Toepassing voor industrieel ontwerpen stelt echter zwaardere eisen aan de te gebruiken vormen.

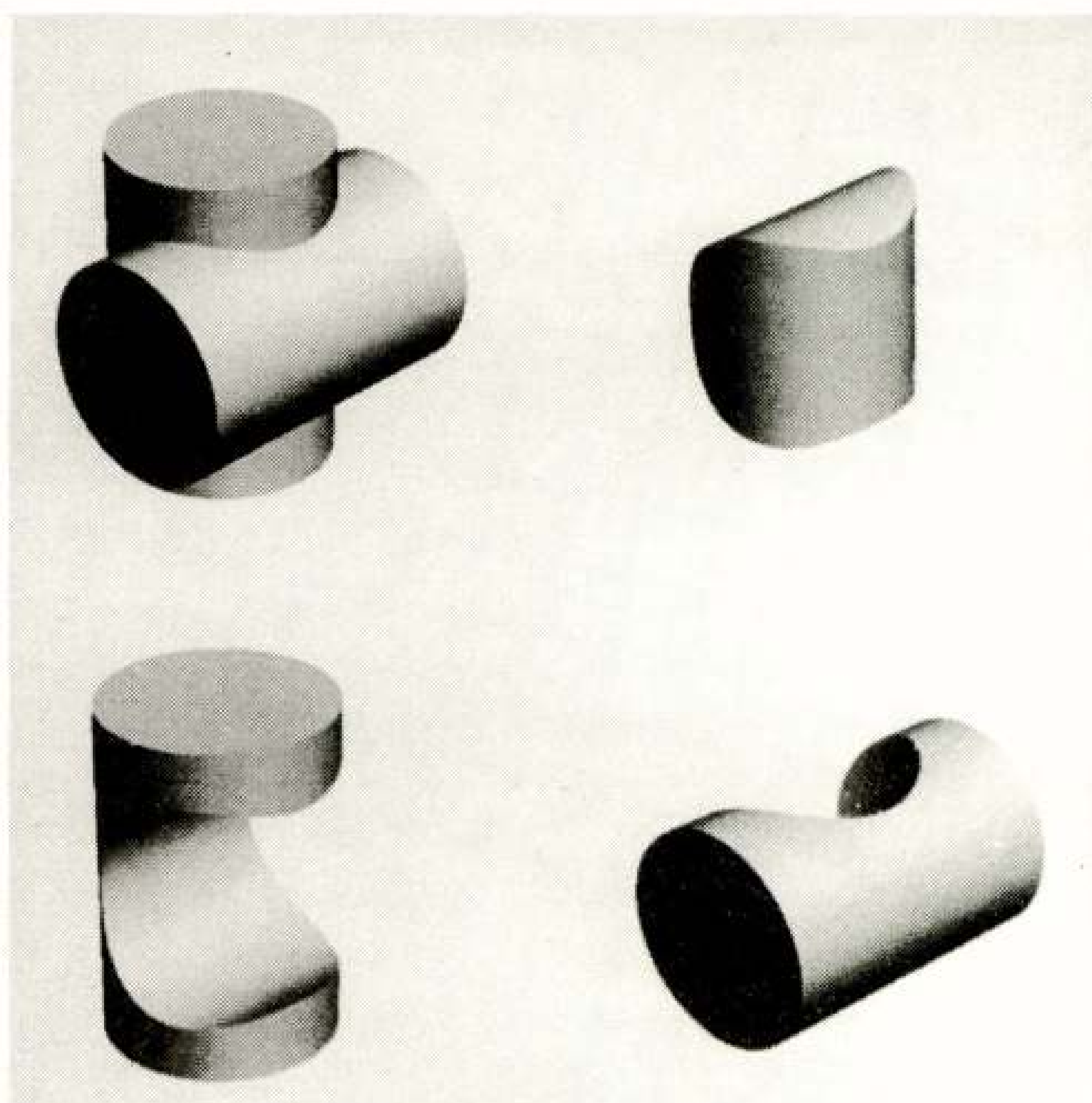


Fig. 1: Vereniging, doorsnede en verschil van twee cylinders.

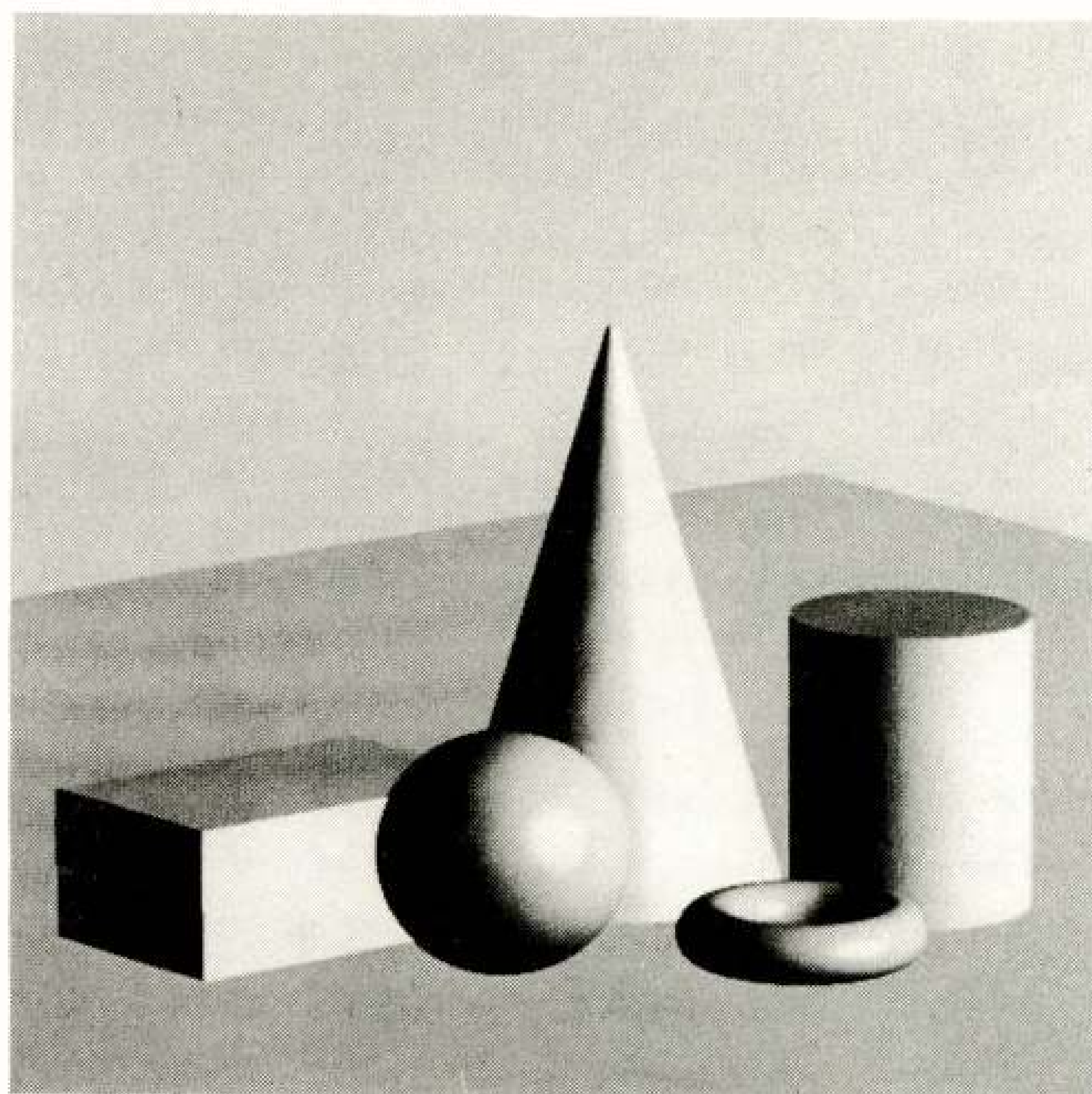


Fig. 2: Blok, cylinder, bol, kegel en torus.

Sweeping

Een belangrijk thema binnen het huidige onderzoek is het uitbreiden van het vormdomein. Als methode is hiervoor als eerste stap gekozen voor het implementeren van de sweeping techniek. Het basisidee van sweeping is eenvoudig: de gebruiker definieert een kromme (de

contour) en een baan in de ruimte (de trajectorie). Vervolgens wordt de opdracht gegeven om de contour langs de trajectorie te 'sweepen', wat resulteert in een ruimtelijke vorm, het sweep-object.
Ondanks de eenvoud van deze algemene definitie is realisatie hiervan binnen een modelling systeem niet eenvoudig. In de meeste gevallen kan echter worden volstaan met een eenvoudige variant. Figuur 3 toont drie van deze gevallen, waarbij beperkingen aan de vorm van de trajectorie zijn opgelegd. Bij de translatie sweep is de trajectorie een rechte lijn, bij de rotatie sweep is de trajectorie een cirkel. Deze vormen komen overeen met twee veelgebruikte mechanische bewerkingen: extrusie en draaien. Verder is nog de conische sweep mogelijk, hierbij wordt het contour getransleerd en simultaan geschaald (van Wijk, --).



Fig. 3: Translatie, rotatie en conische sweep.

Daarnaast kan de zgn. bol-sweep worden gebruikt (van Wijk, 1984). Hierbij voert de gebruiker een trajectorie in, waarlangs een bol (eventueel met een variabele diameter) beweegt. Dit wordt getoond in figuur 4: de invoer van de gebruiker is een reeks bollen, de uitvoer is een gladde vorm. Voor het benaderen van de invoer (bollen in geval van de bol-sweep, 2-D punten voor de contouren) worden zgn. B-splines gebruikt.

RAY TRACING

Ray tracing of ray casting is veruit de meest krachtige techniek voor het vervaardigen van realistische afbeeldingen van ruimtelijke objecten. Daarnaast kan de techniek ook voor andere toepassingen worden gebruikt,

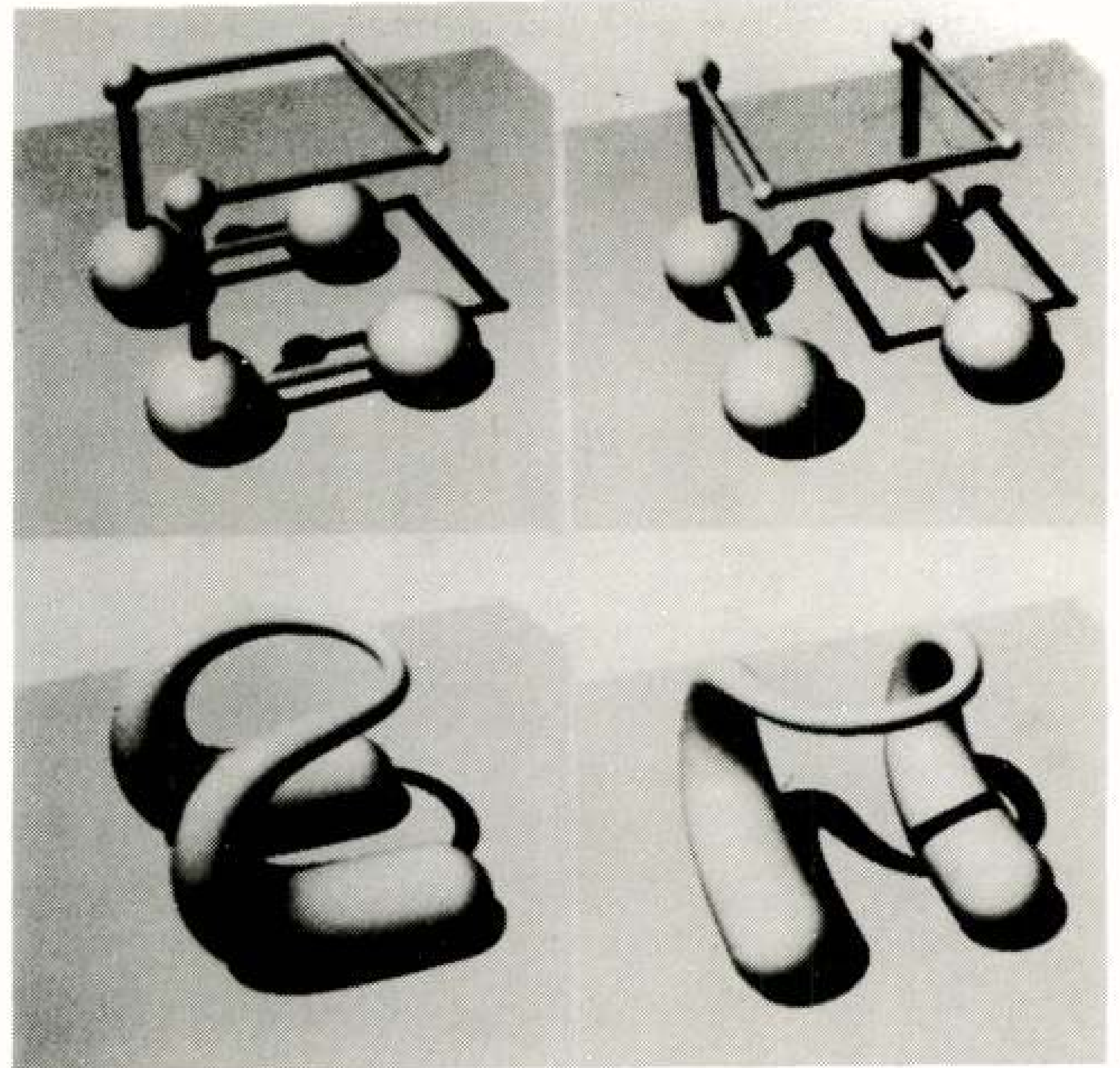


Fig. 4: Bol-sweep.

zoals het berekenen van massa-eigenschappen, het genereren van invoer voor eindige elementen analyse.

Principe

De techniek is gebaseerd op het afvuren van een denkbeeldige bundel stralen op een object. Als bij het maken van een afbeelding het scherm tussen het gezichtspunt en het object gedacht wordt, dan wordt voor elk beeldpunt van het scherm een straal vanuit het gezichtspunt door het beeldpunt in de richting van het object gestuurd. De snijpunten van deze lijn met de objecten worden berekend en gesorteerd. Van het eerste beeldpunt wordt op basis van een aantal fysische wetten en door de gebruiker ingestelde parameters de kleur en intensiteit berekend (Blinn, 1977). Deze wordt vervolgens toegekend aan het desbetreffende beeldpunt.

Optische effecten

Een aantal optische effekten zijn met deze techniek te realiseren (Whitted, 1980). In de eerste plaats kunnen slagschaduwen worden gegenereerd. Hierbij worden, nadat de doorsnijding van de straal met het eerste oppervlak is gevonden, vanuit dit punt extra stralen in de richting van de lichtbronnen gezonden. Vervolgens wordt geevalueerd of zich tussen dit punt en de lichtbron andere objecten bevinden. Als dit het geval is, dan levert de desbetreffende lichtbron geen bijdrage aan de intensiteit van het oppervlak, ofwel het object bevindt zich op dat punt in de schaduw.

Ook spiegelende reflektie kan worden gesimuleerd door vanuit het eerste snijpunt een extra straal te werpen, die een weerkaatsing is van de oorspronkelijke straal. Verder kan transparantie, inclusief breking,

worden gesimuleerd door de straal te breken. In deze laatste twee gevallen wordt deze nieuwe straal gevolgd om te onderzoeken of er andere objecten zijn die bijdragen aan de kleur en intensiteit van het beeldpunt. In figuur 5 worden voorbeelden getoond van deze effekten aan de hand van een massieve bol op een ruitjespatroon.

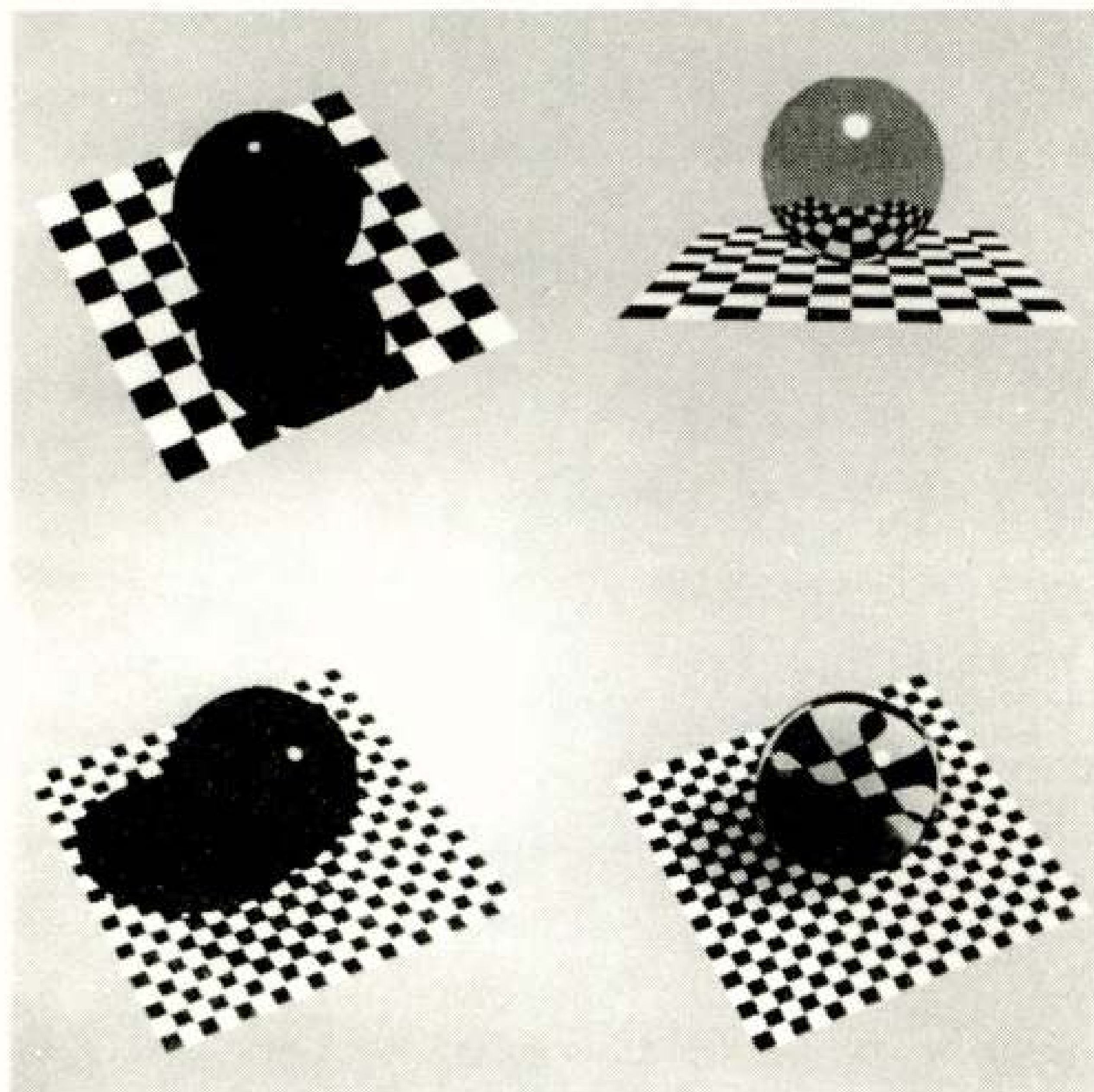


Fig. 5: Voorbeelden van optische effekten.

Evaluatie van CSG

Een met behulp van Constructive Solid Geometry gedefinieerd object kan eenvoudig worden geëvalueerd met behulp van ray tracing (Roth, 1982). Hiertoe worden eerst de doorsnijdingen van de straal met de primitieve objecten berekend. Dit levert een aantal intervallen op, waar de straal zich binnen het desbetreffende primitieve object bevindt. Vervolgens worden deze intervallen paarsgewijs gecombineerd op basis van het constructievoorschrift: vereniging, verschil of doorsnede. Deze laatste stap is relatief zeer eenvoudig, aangezien slechts intervallen hoeven te worden gecombineerd.

Bij een andere techniek, de zgn. Boundary evaluation, worden alle oppervlakken van de primitieve objecten met elkaar gesneden en wordt berekend welke onderdelen hiervan deel uitmaken van het gedefinieerde object. Het resultaat is dan een zgn. Boundary Representation (B-Rep). Een dergelijk model kan worden afgebeeld met behulp van standaard algoritmes. Een voordeel is dat informatie over snijlijnen expliciet aanwezig is, zodat een lijntekening eenvoudig kan worden gerealiseerd. Het berekenen van een B-rep is echter zelfs voor objecten met uitsluitend platte vlakken behoorlijk complex. Indien cylinders, torussen, sweep-objecten e.d. gebruikt worden, is het in veel gevallen niet meer mogelijk om de snijlijnen expliciet te berekenen. Deze primitieve objecten worden in een dergelijk geval dan ook benaderd met platte vlakjes.

Intersectie algoritmen

Kenmerkend voor ray tracing is het feit dat uitgegaan wordt van slechts één eenvoudige basisbewerking, namelijk het berekenen van de snijpunten van een lijn met een object. Het implementeren van een nieuw type primitief object in een modeller komt dan ook neer op het ontwikkelen van een zgn. intersektie-algoritme.

Voor de typen object beschreven in deze paragraaf kan dit probleem worden herleid tot een standaard probleem; namelijk het bepalen van de wortels van een n-de graads polynoom. De waarde van n is afhankelijk van het type vorm:

n=1 blok;
n=2 bol, cylinder en kegel;
n=3 translatie sweep;
n=4 torus;
n=6 rotatie sweep;
n=10 bol sweep.

Een deel van het onderzoek heeft zich dan ook gericht op het ontwikkelen van snelle en betrouwbare methoden voor het bepalen van de wortels van polynomen (van Wijk, 1984).

RAYMO

Aan de Technische Hogeschool te Delft is in een samenwerkingverband van de vakgroep Vormgeving van de Tussenafdeling Industrieel Ontwerpen en de vakgroep Informatica van de Onderafdeling Wiskunde en Informatica de solid modeller RAYMO ontwikkeld. Deze is gebaseerd op CSG als vormbeschrijvings techniek en gebruikt ray tracing voor het evalueren hiervan. Als bouwstenen worden de primitieve objecten gebruikt, die genoemd en beschreven zijn in de voorgaande paragraaf. Het maken van realistische afbeeldingen is de enige tot nu toe geïmplementeerde toepassing. RAYMO is geschreven in Pascal en draait op een PDP 11/44 onder RSX-11M.

De invoer geschiedt met alfanumerieke commando's. Wat betreft de vormbeschrijving heeft de gebruiker de beschikking over commando's voor het creëren van objecten, het manipuleren van objecten (translatie, rotatie, schalen) en het combineren van objecten (vereniging, doorsnede en verschil).

Voor het visualiseren kan de gebruiker een groot aantal variabelen instellen, zoals het type projektie,

de kijkrichting, de intensiteiten en posities van de lichtbronnen, de kleur en andere materiaaleigenschappen, zoals de ruwheid en de mate van spiegelende reflectie. Voorbeelden hiervan worden getoond in figuur 6. Verder kunnen schaduwen, spiegelende oppervlakken en transparante objecten worden afgebeeld (fig. 5).

Deze methode van werken betekent een zeer aanzienlijke besparing van rekentijd, met name in de eerste fase van het definiëren van een afbeelding. Voor het instellen van de afbeeldings parameters kan in veel gevallen worden volstaan met afbeeldingen met een lage resolutie.

In de figuren 7,8 en 9 worden een aantal voorbeelden getoond van objecten die gemodelleerd en gevisualiseerd zijn met RAYMO.

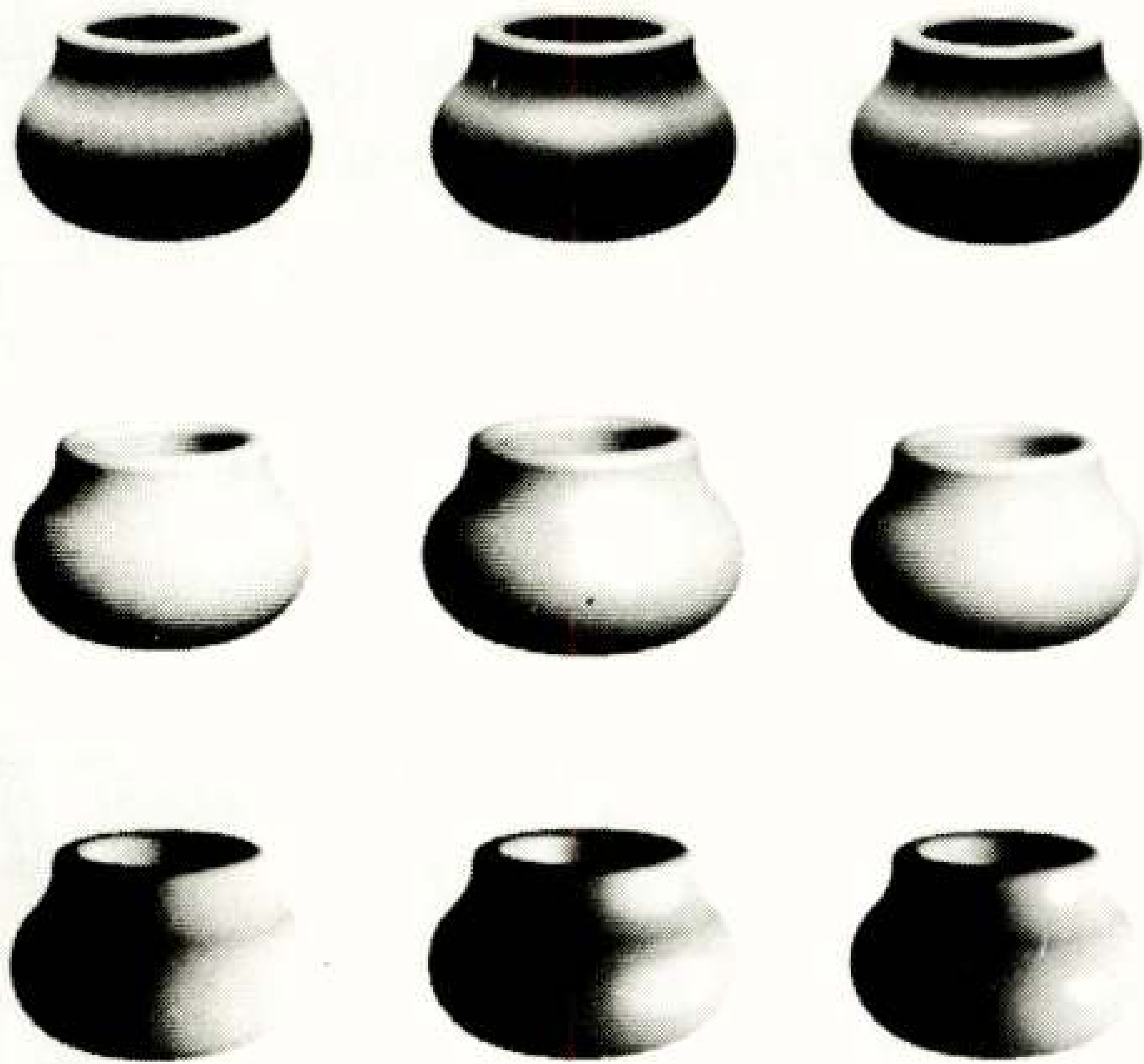


Fig. 6: Negen afbeeldingen van hetzelfde potje met verschillende belichtingen en materiaaleigenschappen



Fig. 7: Carburator

Rekentijd

De rekentijd voor een complexe afbeelding met optische effecten kan uren bedragen. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat voor elk beeldpunt één of meerdere stralen moeten worden geworpen. Bij een resolutie van 500 bij 500 beeldpunten komt dit neer op minstens 250.000 intersektie berekeningen. Om toch snel een afbeelding op het scherm te krijgen, kan de gebruiker de gewenste resolutie instellen.
Hij kan bv. beginnen met de afbeelding te laten berekenen voor een rooster van vierkanten van 16x16 beeldpunten, waarbij de kleur en intensiteit slechts voor één beeldpunt van zo'n vierkant wordt berekend. Op basis van dit resultaat, wat uiteraard zeer snel verschijnt, kan de gebruiker beslissen of de afbeelding verfijnd moet worden. Hierbij wordt een vierkant in vier kleinere vierkantjes opgedeeld, waarvan de kleur en intensiteit opnieuw wordt berekend indien de huidige kleur of intensiteit verschilt met die van de omringende vierkantjes.



Fig. 8: Bosbouwkarretje



Fig. 9: Theepot (rotatie- en bol-sweep).

DISCUSSIE

Het modelleren van objecten met RAYMO heeft aangetoond dat Constructive Solid Geometry een efficiente en voor de ontwerper goed hanteerbare methode is voor het ontwerpen van industriële produkten. Ray tracing is een zeer krachtige methode gebleken voor het visualiseren van objekten gedefinieerd met CSG.

De huidige invoer geschiedt door middel van alfanumerieke commando's. Een gewenste uitbreiding van het pakket is de mogelijkheid om primitieve objecten te kunnen positioneren en dimensioneren met behulp van interaktieve grafische operaties. Verder zijn geparametriseerde representaties wenselijk. Deze representaties kunnen beschouwd worden als een soort macro's, die een algemene familie van complexe objecten (bijv. bouten) beschrijven. Door het specificeren van de naam van de macro met een aantal parameters (bijv. lengte, diameter, koptype) kan een lid van deze familie worden gemodelleerd.

Daarnaast zal verder getracht worden om het vormdomein van de modeller te vergroten door het implementeren van nieuwe typen primitieven. Hierbij wordt met name gedacht aan het gebruik van objekten met willekeurig gekromde oppervlakken.

LITERATUUR

Blinn, J.F., Models of light reflection for computer synthesized prictures. Computer Graphics 11 (2), 1977.

Bronsvoort, W.F., F.W. Jansen en J.J. van Wijk, Vormbeschrijving in CAD/CAM-systemen. Informatie 25(1), januari 1983.

Bronsvoort, W.F., F.W. Jansen en J.J. van Wijk, Het gebruik van ray casting in solid modelling. Informatie 26(1), januari 1984.

Roth, S.D., Ray casting for modelling solids. Computer Graphics and Image Processing 18, 1982.

Wijk, J.J. van, Ray tracing objects defined by sweeping planar cubic splines. Te verschijnen in: ACM Transactions on Graphics.

Wijk, J.J. van, Ray tracing objects defined by sweeping a sphere. Proceedings Eurographics '84 conference, North-Holland, Amsterdam, 1984.

Whitted, T., An improved illumination model for shaded display. Communications ACM 23 (6), 1980.

Voordracht gehouden tijdens de 326e werkvergadering.

URSI

De Nederlandse deelname aan de XXIste Algemene Vergadering van de Internationale Wetenschappelijke Radio Unie, U.R.S.I. in Florence, Aug./Sept. 1984.

1. Inleiding

De 21e Algemene Vergadering begon op zondag 26 augustus 1984 met vergaderingen van het Bestuur en de Executieve Raad. De wetenschappelijke vergaderingen begonnen op maandag 27 augustus met het Open Symposium over de Interactie van Electromagnetische velden met biologische systemen. Dit duurde tot 30 augustus. Verder waren er Open Symposia over Actieve Experimenten in Plasmas 30 en 31 Augustus, over Radiotechnieken in Planetair Onderzoek op 3 september, en over Data, Signaal en Beeldverwerking op 4 en 5 september. De Executieve Raad vergaderde op 27 augustus, en verder regelmatig tot 6 september. De Openingszitting had plaats op 28 augustus, en op 29 augustus begonnen de zittingen van de Wetenschappelijke Commissies. Die duurden voort tot woensdag 5 september, en werden die dag 's avonds gevolgd door de Sluiting. Op donderdag 6 september vergaderde het nieuw gekozen Bestuur met de Executieve Raad, gevormd door de vertegenwoordigers der Nationale Comité's en met het Coördinerend Comité gevormd door de voorzitters en vice-voorzitters van de negen wetenschappelijke commissies.

2. Nederlandse bijdragen

P.M.van den Berg (T.H.Delft): Iterative Computational Techniques in Scattering Based upon the Integrated Square Error Criterion.
M.R.Best (T.H.Twente): Improvements of a Concatenated Coding Scheme.
G.Brussaard (Eur.Space Research and Technology Centre, Noordwijk): A Reassessment of the Accuracy of Prediction by Radiometry.
W.J.van Gils (Philips Res. Labs): Linear Block Codes for Unequal Error Protection.
A.de Jong (Dr. Neher Lab. Leidschendam): Interference from domestic appliances.
G.de Jong: Time transfer within Europe by means of OTS 2.
J.P.Lebreton a.o. (SSD/Estec, Noordwijk): Picpac Experiment on Board Spacelab. Preliminary Results.
J.P.Lebreton a.o. (Estec, Noordwijk) Electrostatic Waves and DC Electric Field Structures induced by an Artificial Ion Beam.
J.P.Matthews (Space Science Dept ESA-ESTEC) Seasonal Dependence of Long Period Electric Fields Oscillations detected by the GEOS-2 Double Probe Experiment.
J.P.Matthews: New Observations of the VLF quiet band phenomena.
Jan E. Noordam a.o. (Stichting Radioastronomie Dwingeloo, tijdelijk Greenwich Lab.): Phase closures in optical astronomy.
H.Junginger (Space Science Dept. ESA-Estec, Noordwijk): Long Period Magnetospheric Pulsations Observed by a sensitive Electric Field Experiment at Synchronous Orbit.
H.Junginger, R.Schmidt, J.P.Lebreton (with A.Roux, C.de Villedary, O.Bauer, B.Juhl): Direct Evaluation of the Refractive Index of Alfven Waves. A cooperative study based upon GEOS-2 results.
A.Pedersena.o. (ESTEC, Noordwijk): Magnetospheric and ionospheric electric fields and field-aligned current structures associated with PC 5 pulsations GEOS-2, EISCAT and STARE observations.
M.T.Rietveld, a.o. (Max Planck Institut für Aeronomy, Kattenburg-Lindau, F.R.Germany): VLF, ELF and ULF Wave Generation by Modulated Heating of the Auroral Ionosphere.
J.P.M. Schalkwijk (TH Eindhoven): Coding Strategies for Two-way Channels.
J.P.M. Schalkwijk (TH Eindhoven): Capacity Regions of Two-way Channels.
R.Schilizzi (Stichting Radioastronomie, Dwingeloo): Very Long Baseline Interferometry.
T.A.H. Spoelstra(Stichting Radioastronomie, Dwingeloo) : Effects of Amplitude and Phase Scintillations in 327 MHZ and 608.5 MHZ.
H.Kelder (KNMI, de Bildt) en T.A.H.Spoelstra (Stichting Radioastronomie, Dwingeloo): Ionospheric Irregularities observed by Radio Interferometry and Differential Doppler Techniques.
A.Tijhuis, H.Blok, R.M.v.d.Weiden (TH Delft): Global Field Representation for the Lossy Inhomogeneous Dielectric Slab and the Lossy Radially Inhomogeneous Dielectric Circular Cylinder.
M.T.Vlaardingerbroek: Microwave Devices and Hybrid Integrated Circuits. (Elcoma-Philips, Eindhoven).
A.H.Woltring en H.A.J.M.v.Hoof (LEOK, TNO, Oegstgeest), B.F.Bosnjakovic (Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening, Milieubeheer): Exposure to RF Fields in the Netherlands: Measurements and Evaluation.
F.L.H.M.Stumpers (R.U.Utrecht, K.U.Nijmegen): EMC Symposia in Europe during the last triennium: Wroclaw 1982, 1984, Zürich 1983.
Bij de URSI zijn de voorzitters van de wetenschappelijke zittingen gewoonlijk ook de organisatoren daarvan. Van de nederlandse deelnemers zorgde van den Berg voor de zitting over: Radiation and Scattering-

analytical techniques; Schalkwijk voor de zitting: Coding Theory; Van der Meulen (K.U.Leuven), voor de zitting over Information Theory; Stumpers voor de zitting Man-made noise statistics, and standards; Bosnjakovic organiseerde met Rozzelli de zitting: Diagnostic and Therapeutic Uses of Electromagnetic Energy.
Begin juli 1984 trad prof. Lundquist wegens familie-omstandigheden af als voorzitter van Commissie E van URSI. De vice-voorzitter prof. Stumpers moest dus diens taak op korte termijn overnemen. Op verzoek van de voorzitter van URSI zat hij ook in de commissie, die een rapport over het effect van de nucleaire electromagnetische puls (NEMP) voorbereidde. Hij was lid voor Nederland van de Executieve Raad, en als commissie-voorzitter lid van het Coördinerend Comité, bovendien lid van het URSI-CCITT-CCIR Comité van overleg.

3. Internationale deelname

De Amerikaanse delegatie was met 276 man de grootste. Niet alleen waren de universiteiten goed vertegenwoordigd, maar ook speciale instituten, zoals het Naval Research Lab. en het Naval Observatory, Jet Propulsion Lab.Institute for Telecommunication Science, Space Flight Research. Uit de industrie waren de Bell Labs, COMSAT, GTE-Sylvania, Schlumberger, TRW, Sandia, SRI aanwezig.
Frankrijk met 93 deelnemers, Italië met 79, Bondsrepubliek Duitsland 72, United Kingdom 55, Canada 40, Zweden 35, Japan 32 kwamen voor Nederland met 24 deelnemers. Verder kwamen Israël 14, India 14, USSR 14, Zwitserland 13, Australië 12, Polen 12, België 11 en Spanje 10 relatief goed voor de dag. Een dertigtal andere landen en internationale instituten hadden kleinere afvaardigingen. China had deze eerste keer 5 vertegenwoordigers. Vele kleinere landen konden alleen vertegenwoordigd zijn, omdat URSI en UNESCO speciale condities voor jongere wetenschappers hadden mogelijk gemaakt.

4. Publicaties

Zoals gebruikelijk ontvingen alle deelnemers de Review of Radio Science, waarin via de leden (nationale comité's) de verslagen van de negen commissies over het afgelopen triennium. Een programmaboek van 110 bladzijden gaf de titels van alle voordrachten. Een boek van 535 bladzijden bevatte samenvattingen van een bladzijde van de voordrachten, indien tijdig ingediend. De vier Open Symposia hadden eigen verzamelingen van abstracts van 50 tot 100 bladzijden.

5. Excursies

Er waren tal van wetenschappelijke excursies, met daarnaast ook meer toeristische evenementen. De meeste deelnemers vonden wel tijd voor de beroemde Florentijnse musea, of voor excursies naar Fiesole in de nabije Apennijnen, of iets verder naar Siena of Pisa. Een groep officials werd ontvangen op het landgoed van de familie Marconi, waar deze op het eind van de vorige eeuw zijn eerste experimenten deed. Het is nog als laboratorium van een Marconi-stichting in gebruik. Mevrouw Marconi verwelkomde ons, tesamen met haar dochter. Juist enkele dagen tevoren was een nieuw standbeeld van ca. 15 meter hoog opgericht. Onder het laboratorium is het Marconi mausoleum in de heuvel ingericht.

Het banket vond plaats in een van de bekende Florentijnse villa's in de omgeving van de stad, en werd omlijst door demonstraties van de gilden.

F.L.H.M.Stumpers

UIT HET NERG

Op 11 maart 1985 overleed te Voorburg

Ir. Jan Jacob Vormer

in de ouderdom van 83 jaar.

Vormer is meer dan twintig jaar bestuurslid van het NERG geweest en is ook vele jaren lid geweest van de examencommissie. Hij was penningmeester van 1940-1951 en nadien voorzitter tot 1960. Tot 1961 bleef hij bestuurslid.

Tijdens de viering van het veertigjarig jubileum van het genootschap op 14 oktober 1960 werd hij, tesamen met Prof.Ir. L.M.Huydts als erelid van het genootschap geïnstalleerd door de toenmalige voorzitter Ir. J.D.H.van der Toorn.

Hij is 58 jaar lid geweest van ons genootschap.

Zijn bekwaamheden en de waardering welke voor hem gevoeld werd moge uit deze staat van dienst blijken.

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. W. van der Bijl, Veldspaat 58, Berkel en Rodenrijs.
W.J. van Hattum, Oude Delft 123, Delft.
A.P. Hekstra, Markant 21, Terheijden.
Ir. H.C. Kahlmann, Brinkstraat 5, Borger.
Dr.ir. F.J.F. van Odenhoven, Anna Paulownastraat 7, Eindhoven.
Ir. A.P.J. Oudendijk, Buitenwatersloot 225, Delft.
Ir. A.J. Smets, Veiligoord 53, Bladel.

Nieuwe leden

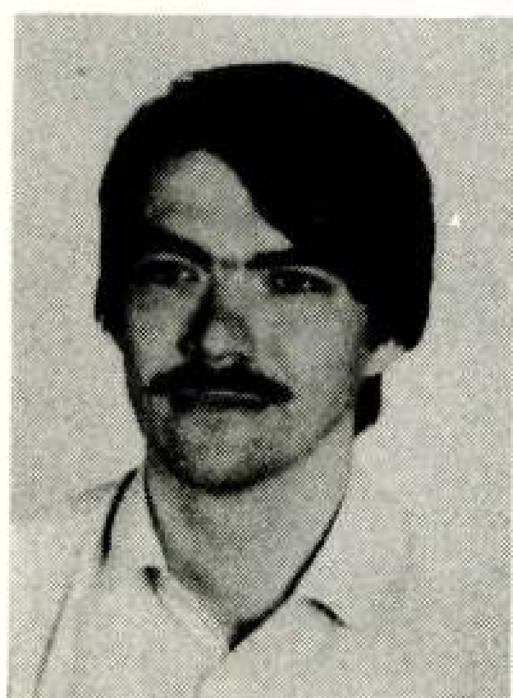
Ir. N.H.G. Baken, Pr. Bernhardlaan 78, Voorburg.
Ir. A. Dolstra, Aalsterweg 50, Eindhoven.
Ir. P.C.A.M. Karsten, Is. Hoornbeekstraat 19, Delft.
Ir. A. van Kuilenburg, Het Wedde 7, Voorschoten.
Prof.dr. M.P.H. Weenink, Schutterslaan 21, Stiphout.

Nieuwe adressen van leden

Prof.dr. H. Bremmer, Badhuisweg 121 B, 's-Gravenhage.
Ir. K.K. Eerland, Weegbree 87, Best.
G.G.M. van 't Klooster, Pijlkruidstraat 33, Voorhout.

Overleden

Ir. J.J. Vormer, Park de Werve 28, Voorburg.



IEEE BENELUX SECTIE
SECTIE TELECOMMUNICATIETECHNIEK VAN HET KIvI
NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(326ste werkvergadering)

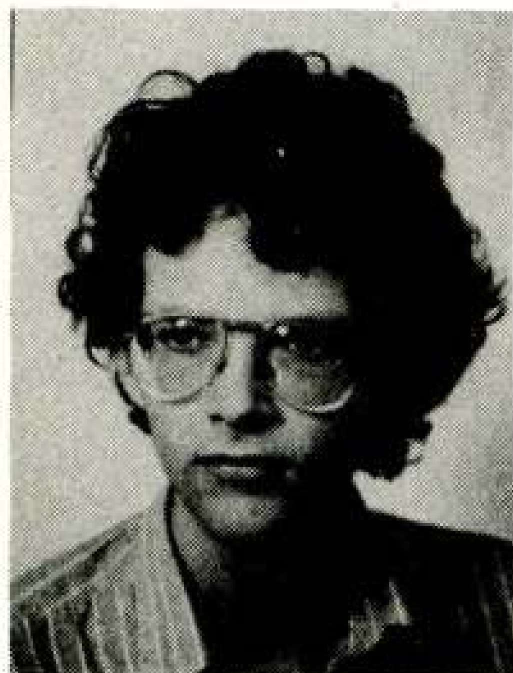
UITNODIGING

voor de lezingendag op 15 november 1984 in het **Philips Natuurkundig Laboratorium**, Lezingenzaal WBp, te **Eindhoven.**
THEMA: COMPUTER GRAPHICS.

PROGRAMMA

09.30 uur:	Ontvangst en koffie.
10.00 uur:	**Ir. M.E.A. Corthout** (Philips Natuurkundig Laboratorium) foto 1 INTRODUKTIE: EEN VAKGEBIED MIDDEN IN EEN STROOMVERSNELLING?
10.30 uur	**Ing. R. Kessener** (Technische Hogeschool Eindhoven) foto 2 GRAPHICAL KERNEL SYSTEM (GKS): DE INTERNATIONALE STANDAARD VOOR COMPUTER GRAFIEK. HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN.
11.15 uur:	Koffiepauze.
11.45 uur:	**Ir. J.W. Ero** (Philips Eindhoven, ISA/TIS-CARD) foto 3 MODERNE WERKSTATIONS EN DE GEVOLGEN HIERVAN VOOR DE GRAFISCHE STANDAARDISATIE.
12.30 uur:	Lunchpauze.
14.00 uur:	**Drs. P.J.W. ten Hagen** (Centrum voor Wiskunde en Informatika, Amsterdam) PARALLELLE INVOER EN FEEDBACK IN DIALOOG-CELLEN ALS EEN BASIS VOOR GRAFISCHE INTERAKTIE.
14.45 uur:	**Ir. J.J. van Wijk** (Technische Hogeschool Delft) foto 4 RAYMO: EEN SOLID MODELLER OP BASIS VAN RAY TRACING.
15.30 uur:	Theepauze.
15.45 uur:	**Ir. M.E.A. Corthout** (Philips Natuurkundig Laboratorium) BEELDGENERATIE T.B.V. RASTER GRAPHICS: PROBLEMEN EN KANSEN.
16.30 uur:	Sluiting.

Aanmelding dient te geschieden door inzending van de aangehechte kaart, **gefrankeerd** met een postzegel van **50 cent**, alsmede overmaking van *f* 15,— per introduce(e) op Postrekening 3099125 t.n.v. Penningmeester IEEE, Waalre onder vermelding van "Computer Graphics".
De aanmelding is alleen geldig indien de aanmeldingskaart en eventuele overschrijving zijn ontvangen VOOR 10 november 1984.



De deelname voor leden van IEEE, KIvI en NERG is gratis en de lunch wordt aangeboden door de Direktie van het Natuurkundig Laboratorium.

Het Natuurkundig Laboratorium is gelegen aan de Prof. Holstlaan te Eindhoven (ten zuid-westen van het centrum) en om het half uur bereikbaar met het openbaar vervoer.

Namens de samenwerkende verenigingen
DR. IR. T.A.C.M. CLAASEN, IEEE
Tel. 040-742131

Eindhoven, september 1984

Conferentieaankondigingen.

Real time processing: application in control and signal processing. 15-17 oktober 1985, Aula Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse. Contactadres: Secretariat des Journées d'electronique; Departement d'electricité-EPFL; Chemin de Bellerive 16; CH-1007 Lausanne/Switserland.

Diamond Jubilee conference on technology management '85; 3-4 oktober 1985; The Grand Hotel, Eastbourne, Sussex, England. Contactadres: Conference Secretariat, IERE; 99 Gower St.; London WC1E 6AZ.

MTTS '85; Measurements for Telecommunication Transmission Systems; 27-28 november 1985; IEE Savoy Place; London WCR0BL; U.K.*

International Conference on electric and magnetic fields in medicine and biology; 4-5 december 1985; IEE Savoy Place; London WC2R 0BL; U.K.*

Real time control of electromechanical systems; 25-27 february 1986; The city conference centre; 76 Mark Lane, London EC3 England. Contactadres: The conference secretariat, IERE 99 Gower St., London WC1E 6AZ; U.K.

1986 International Zürich Seminar on Digital communications; New directions in switching and networks; 11-13 March 1986; Zürich, Switserland. Contactadres: Secretariat '86 IZS; Dr.R.Hartmann; Zellweger-Uster AG; 8634 Hombrechlikon/Switserland. Tel.-41-55 41 61 11.

Video Audio and Data recording; 17-21 maart 1986; The University of Sussex, Sussex, England. Call for papers 1-11-1985; Contactadres: Conference Secretariat; IERE; 99 Gower ST.; London WC1E6 AZ.

Electronics in medicine and biology; 7-10 April 1986; Queen's Medical Centre, University of Nottingham, England. Call for papers 1-11-85. Contactadres: Conf. Secretariat IERE; 99 Gower St.; London WC1E6 AZ.

Software engineering for telecommunication switching systems; 14-18 April 1986; Philips Congress Centre Eindhoven. Call for papers 30-4-1985*.

Road Traffic Control; 15-18 April 1986; IEE; Savoy Place, London WC2R 0BL, U.K.*

8th International conference on computer communication; new communication services- a challenge to computer technology. 15-19 september 1986; Sheraton Hotel München. Call for papers 1-10-85. Contactadres: Prof.Dr.Ing. P.J.Kuehn; Institute of communications switching and data technics; The University of Stuttgart; Seidenstrasse 36; D-7000 Stuttgart; tel. +49-711-2073-543; Telex 07-21703.

*Contactadres: Conference Services Department IEE Savoy Place; London WC2R 0BL U.K. Tel.01-2401871 (Ext.222). Telex 26 11 76 IEE LDN G.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 50 - nr.2 - 1985

druk: de Witte Eindhoven.